ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 MARS 1929.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 2 avril au lieu du lundi 1er.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Paul Stroobant**, directeur de l'Observatoire de Bruxelles, qui assiste à la séance.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'Académie des Sciences est de nouveau durement éprouvée. Le maréchal **Foch** est mort. Cette nouvelle a causé dans le monde une émotion profonde, justifiée par le rôle prépondérant joué par notre illustre Confrère dans la conduite de la guerre dont l'enjeu était l'existence même de la France.

Devant un si grand deuil, les paroles sont vaines et nous devons nous borner à saluer la mémoire du soldat qui fut le plus grand parmi les grands capitaines : il défendait le droit et la justice.

Son éloge est tout entier dans l'ordre du jour qu'il adressa aux armées alliées au mois de novembre 1918 :

« Vous avez gagné la plus grande bataille de l'Histoire et sauvé la cause la plus sacrée : la liberté du monde. Soyez fiers! D'une gloire immortelle vous avez paré vos drapeaux. La postérité vous garde sa reconnaissance. »

Et nous, nous conserverons le souvenir du Confrère aimable, aux conseils pleins de sagesse, qui participait à nos travaux avec cette souriante simplicité qui donnait tant d'attrait à ses entretiens.

J'adresse à Mme la maréchale Foch et à sa famille, au nom de l'Académie, avec notre profond respect, l'expression de notre sympathie la plus attristée.

Je lève la séance en signe de deuil.

MÉTÉOROLOGIE. — *Associations et formes de nuages.* Note [1] de M. P. Villard.

Les observations publiées assez récemment par M. Dauzère [2] ont appelé de nouveau l'attention sur le rôle joué par les associations de nuages dans les précipitations atmosphériques. Elles paraissent bien établir que, conformément à la théorie exposée par M. Brillouin en 1896 [3], la pluie et la grêle résultent, non d'un accroissement de condensation dans un nuage, mais de la chute, au travers de celui-ci, d'un mélange évaporant, porteur de particules aqueuses ou glacées, circonstance qui se trouve réalisée quand un cirrus tombe au travers d'un cumulus au-dessus duquel il se trouvait, ce qui était le cas pour l'orage ayant fait l'objet des observations dont il s'agit.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de présenter à ce sujet quelques remarques d'ordre général.

M. Dauzère semble admettre, conformément, je crois, à une opinion assez répandue, que la superposition d'un cirrus et d'un cumulus est un fait accidentel, se produisant lorsqu'un nuage orageux s'élève jusqu'à l'altitude des cirrus, et que l'un de ceux-ci existe par hasard précisément à l'endroit où peut se produire la rencontre.

Je pense, au contraire, qu'il n'y a là rien de fortuit.

On a, depuis bien longtemps, constaté qu'il y a menace d'orage violent lorsqu'au-dessus d'un volumineux et haut cumulus se montre un cirrus,

---

[1] Séance du 18 mars 1929.

[2] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 835.

[3] *Vents contigus et nuages* (*Annales du Bureau Central météorologique*, 1896, 1, p. 45. Paris, Gauthier-Villars, 1898).

lequel, en pareil cas, affecte fréquemment la forme d'une enclume ou d'une bigorne; il y a même des dictons à ce sujet.

La probabilité que deux nuages d'origines essentiellement différentes se superposent exactement ne paraît pas bien grande; on comprend mal qu'à cet égard les cumulus volumineux soient privilégiés, et moins encore que le cirrus prenne, en cette circonstance, une forme particulière très différente des formes ordinaires.

Il est, je crois, facile d'expliquer ces faits en s'appuyant sur une observation très banale, qu'il était, cet hiver, facile de refaire :

Lorsqu'on expose de l'eau froide à l'air libre par temps très froid (eau à + 6° par exemple, air à — 7° ou — 8°) cette eau *fume;* de même à l'automne, quand les soirées deviennent fraîches, on voit souvent, au crépuscule, par temps calme, les rivières et les étangs se couvrir d'un mince voile de brume, provenant de ce que l'eau s'est moins refroidie que l'air.

Or le sommet d'un cumulus est, nécessairement, beaucoup moins froid que l'air ambiant; la condensation qui se produit dans la colonne ascendante d'air chaud et humide donnant naissance au nuage, réduit en effet le refroidissement adiabatique à la moitié environ de ce qu'il est dans l'air extérieur non saturé, où il pourrait atteindre 1° par 100^{m} d'élévation, l'observation indiquant toutefois plutôt 0°,7. Soit, pour fixer les idées, un cumulus ayant sa base à 1500^{m} et son sommet à 6000^{m}. Hors du nuage, le gradient de 0°,7 par 100^{m} donnera 42° pour 6000^{m} et, si l'air, au sol, est par exemple à + 25°, la température à 6000^{m} sera — 17°, valeur très vraisemblable. Sous le nuage on aura également 0°7 par 100^{m}, soit 10°,5 pour 1500^{m}. Mais, de 1500^{m} à 6000^{m}, la condensation réduira le gradient à 0°,35 et le refroidissement sur ces 4500^{m} sera seulement de 15°,75, ce qui, pour le sommet du cumulus donne + 25° — 10°,5 — 15°,75, ou — 1°,25, au lieu de — 17°, température de l'air extérieur au même niveau. La différence est largement suffisante pour provoquer une vaporisation importante, d'autant plus rapide qu'à cette altitude de 6000^{m} la pression est inférieure à la moitié de ce qu'elle est au sol. La vapeur formée, beaucoup plus légère que l'air, s'élèvera dans cet air froid où elle se condensera à l'état de glace, et le phénomène ne saurait s'arrêter de lui-même, la tension de vapeur de la glace étant, même à température égale, notablement inférieure à celle de l'eau liquide et à l'état de gouttelettes de très faible rayon. De là le cirrus, que le moindre vent relatif étirera en forme d'enclume, sans cependant pouvoir le détacher du cumulus qui en est la source, alors que ce même vent l'éloignerait rapidement s'il était indépendant.

Quel que soit le bien ou mal fondé de cette interprétation, le phénomène précédent se passe nécessairement; il n'y aurait donc pas lieu de dire qu'un orage est violent parce qu'un cirrus s'est trouvé fortuitement placé au dessus d'un cumulus; sans écarter ce cas toujours possible, l'existence d'un cumulus s'élevant très haut constitue une cause suffisante; l'inévitable évaporation du sommet de ce nuage suffira pour produire ce qu'on appelle parfois le *faux cirrus*, auquel je crois préférable de donner le nom de *cirrus adventif*. L'apparition de celui-ci constituera un préliminaire de l'orage, et sa chute provoquera les fortes averses prévues par la théorie de M. Brillouin.

Un phénomène analogue se produit fréquemment dans les montagnes lorsqu'à la suite de pluies le vent tourne au Nord-Ouest ou Nord-Nord-Ouest, et que le soleil reparaît. On peut alors voir des nuages qui, malgré le vent, demeurent indéfiniment attachés au flanc de la montagne. Celle-c est mouillée, moins refroidie que l'air par le changement de direction du vent, et chauffée par le soleil; elle émet, presque à saturation, de la vapeur qui se condense aussitôt pour donner un nuage adhérant au sol à son origine et que le vent allonge puis dissipe à une certaine distance.

On observe l'inverse lorsqu'un courant d'air relativement chaud et humide passe sur des cimes neigeuses. Au contact de la glace cet air peut atteindre le point de rosée et donner naissance à un panache ou chapeau qui, de même que précédemment, demeure comme fixé à la montagne. On a le même phénomène en exposant à l'air un vase contenant un mélange réfrigérant; le long des parois de ce vase on voit tomber une sorte de fumée dont l'origine est évidente. L'expérience réussit parfois avec un simple bloc de glace.

La formation de certains autres nuages peut aussi s'expliquer très simplement : par exemple celle des *nuages étrangers* de Beccaria, ou *nuages coureurs* de Lamarck, appelés encore *fracto-nimbus*, et qu'un peu avant une averse on voit courir sous un cumulus. Leur vitesse est, en réalité, probablement voisine de celle du nuage principal, mais la face inférieure de celui-ci, uniformisée par la pluie déjà formée, n'offre pas de repère pour l'œil, d'où l'illusion de son immobilité. Vraisemblablement ces *fracto-nimbus* résultent d'une condensation provoquée par la pluie; comme leur altitude est de quelques centaines de mètres et que les gouttes d'eau ne peuvent tomber dans l'air avec une vitesse supérieure à 8^m par seconde, l'apparition de ces nuages doit précéder (de 40 secondes au moins pour 320^m) l'arrivée de la pluie au sol, tout en annonçant que celle-ci est imminente, conformément à l'observation.

Parmi les nuages de forme particulière je citerai encore les *stratus*, que souvent l'on considère comme des brouillards élevés; voici, à ce sujet, ce que j'ai bien des fois observé : lorsqu'à la fin d'une journée fertile en cumulus l'atmosphère se calme et que tous les mouvements ascendants prennent fin, ces cumulus s'étendent peu à peu en

bandes horizontales, c'est-à-dire en stratus qui apparaissent ainsi comme étant des cumulus dégénérés. On reproduit ce même phénomène en injectant, pendant un court instant, de la fumée dans un air tranquille. Au début, la masse d'air en mouvement se présente sous sa forme normale de volutes comme dans un cumulus; mais, quand le mouvement s'est arrêté, cette fumée, qui est l'analogue d'un nuage, s'étale bientôt en une nappe horizontale qui est la représentation évidente du stratus auquel doit aboutir le cumulus dans lequel toute activité a disparu.

NAVIGATION. — *Comment notre commerce maritime pourra s'étendre, désormais, à son profit, jusque dans les eaux coloniales françaises et étrangères.* Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. Ce progrès a été réalisé, grâce à l'initiative qu'a prise *l'éminent ministre actuel de notre marine M. Georges Leygues*, d'obtenir les crédits nécessaires à la *construction* d'une *flottille spéciale* de *croiseurs* d'un *très petit tonnage* qu'il dota pour cela des caractéristiques suivantes.

2. *Déplacement*, 2000 tonnes; *puissance*, 3000 CV, avec deux moteurs *Diesel;* vitesse correspondante, prévue, 15,5 nœuds. *Rayon d'action*, à 10 nœuds, 9000 *milles*.

Armement : trois canons de $138^{mm},6$, à tir rapide; quatre canons de 37^{mm}, contre avions; et 6 mitrailleuses.

3. Mais, après que ces croiseurs furent construits, on s'aperçut qu'ils avaient acquis, en outre, une autre qualité *inattendue*, grâce encore à leur tonnage *extrêmement petit :* car, lorsqu'ils se transportaient, *en mer libre* et *calme*, leur translation avait pour effet utile d'incliner leur plan de flottaison sur l'horizon, de façon à faire *émerger son extrémité antérieure*, en diminuant, en conséquence, la résistance de l'eau à cette translation, à *toutes les vitesses* que leurs caractéristiques, qu'on vient de définir, leur permettaient d'atteindre.

Ainsi se trouve créée *une nouvelle petite carène*, à la silhouette élégante, appropriée aussi avantageusement à sa translation en *mer libre et calme* qu'à sa pénétration jusque dans les eaux resserrées des colonies françaises et étrangères pour y étendre, efficacement, notre commerce maritime.

CORRESPONDANCE.

Sir **Robert Hadfield** adresse un télégramme de condoléances à l'occasion de la mort de M. le Maréchal *Foch*.

Sir **Joseph Larmor** fait hommage des deux volumes de ses *Mathematical and Physical Papers*.

M. **Aug. Lameere** fait hommage de son *Précis de Zoologie*. Tome I. *La cellule. L'espèce. Les Protozoaires. Caractères fondamentaux des Métazoaires. Les Spongiaires. Les Cœlentérés*, et des Tomes I, fascicules 1 et 2, et II, fascicule 1, du *Recueil de l'Institut zoologique Torley-Rousseau* dirigé par lui, suite des *Annales de Biologie lacustre*.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** demande l'avis de l'Académie sur diverses mesures envisagées pour la protection des dépôts d'hydrocarbures contre la foudre.

GÉOMÉTRIE. — *Il y a trois espaces distincts et trois seulement : Euclide, Riemann et Cartan.* Note de M. **Alex. Véronnet**, transmise par M. P. Appell.

J'ai montré dans une Note précédente sur l'*Extension du calcul vectoriel à l'Analyse et au Calcul tensoriel* (*Comptes rendus* 182, 1926, p. 1368) l'intérêt qu'il pouvait y avoir à introduire dans les formules mathématiques la considération des *unités* de mesure, unités qui correspondent aux *directions* d'axe en géométrie, les unités de mesures indépendantes correspondant aux variables indépendantes et aux axes rectangulaires. On peut étendre ces considérations aux espaces plus généraux étudiés par M. Cartan.

Soit une multiplicité quelconque, où chaque point P est défini par un ensemble de variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$. On peut représenter le point P, ou cet ensemble de variables par le vecteur $r(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, qui n'est analytiquement qu'un *symbole commode*. Un point voisin P' sera défini par l'élément linéaire PP', lequel sera exprimé analytiquement par les relations

$$(1) \qquad PP' = dr = \Sigma_i \frac{\partial r}{\partial x_i} dx_i = \Sigma_i \xi_i dx_i, \qquad \xi_i = \frac{\partial r}{\partial x_i} \quad \text{ou} \quad \frac{\Delta r}{\Delta x_i}.$$

Ses ξ_i ainsi définis, comme dérivées partielles ou rapports d'éléments finis, sont des vecteurs unités, les unités de mesure, qui servent à exprimer à leur tour la valeur des éléments au point P, ou les directions d'axes, qui définissent les composantes. Elles définissent ainsi la nature de l'espace au point P, et autour de ce point.

Parcourons un circuit fermé C aux environs du point P, pour revenir au même point. La variation du vecteur r et des unités ξ_i nous est donnée par la formule d'Ampère et de Stokes

$$(2)\qquad r - r_0 = \int_C \xi_i\, dx_i = \int\int_S \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial x_k} - \frac{\partial \xi_k}{\partial x_i}\right) dx_i\, dx_k,$$

$$(3)\qquad \xi_i - \xi_{i0} = \int_C \frac{\partial \xi_i}{\partial x_k}\, dx_k = \int\int_S \left(\frac{\partial^2 \xi_i}{\partial x_k \partial x_l} - \frac{\partial^2 \xi_i}{\partial x_l \partial x_k}\right) dx_k\, dx_l.$$

Il faut donner à i et k dans la première formule, à k et e dans la seconde, toutes les valeurs de 1 à n. La parenthèse de (2) représente le vecteur de Cartan V_{ik}, dont les $\frac{1}{2}n(n+1)$ composantes constituent les éléments du tenseur de Cartan. De même la parenthèse de (3) est le vecteur de Riemann V_{ikl}, dont les composantes donnent les éléments du tenseur de Riemann.

Si les deux vecteurs V_{ik} et V_{ikl} sont nuls partout, le vecteur r et les unités ξ_i reprennent la même valeur au même point. On a l'espace d'Euclide. Si V_{ik} est nul, sans que V_{ikl} le soit, on a l'espace de Riemann. Alors les unités de mesure ξ_i ne reprennent pas la même valeur au même point, sauf dans le cas d'un déplacement parallèle, c'est-à-dire suivant les géodésiques. En général leur variation dépendra du chemin suivi d'après (3). Enfin si aucun des deux vecteurs n'est nul, on a l'espace de Cartan, où l'on ne retrouverait la même valeur, ni pour les unités de mesures, ni pour les variables x_i ou r.

Or V_{ik} nul exprime que l'élément PP′ ou dr est une différentielle exacte. C'est la condition d'existence mathématique de r, dont les unités de mesure ξ_i sont alors les dérivées partielles. Nous ne pouvons pas définir une condition mathématique, logique, plus simple que celle-ci pour exprimer les relations des variables x_i. Si elle n'est pas réalisée, nous aurons bien la multiplicité la plus générale qu'il nous soit possible, non seulement d'imaginer, mais de définir mathématiquement et logiquement. Le calcul tensoriel ou des espaces de Riemann posait comme évident V_{ik} nul. C'était le postulat de Riemann.

Ces trois multiplicités ainsi définies forment trois groupes distincts, car

on démontre que toute transformation des n variables x_i, en un système quelconque de n autres variables y_i, conserve V_{ik} et V_{ikl} nuls, s'ils le sont déjà. La transformation redonne donc une transformation du même groupe.

D'autre part en transformant les n variables x_i en un système de $\frac{1}{2}n(n+1)$ autres variables y_i, on peut annuler V_{ik} ou V_{ikl}, c'est-à-dire les parenthèses de (2) et (3), et transformer ainsi l'espace de Cartan en un espace de Riemann et celui-ci en un espace d'Euclide. Les surfaces de Cartan à deux dimensions ne sont représentables que dans un espace d'Euclide à six dimensions, donc pas représentables pour nous.

On démontre encore que, dans l'espace d'Euclide, on peut toujours trouver une transformation telle que l'on ait $d\xi_i = 0$. Les unités de mesure sont constantes, les lignes de coordonnées sont des droites. Dans l'espace de Riemann, on aura de même $d^2\xi_i = 0$, On peut toujours ramener les unités à varier d'une manière constante, les lignes de coordonnées à avoir une courbure constante, sans torsion. Dans l'espace de Cartan on aurait $d^3\xi_i = 0$. On peut ramener les lignes de coordonnées à une torsion constante.

Les lignes de coordonnées fondamentales, ou multiplicités linéaires, des trois espaces sont donc la droite, la courbe plane et la courbe gauche. La considération du ds^2 algébrique en calcul tensoriel, au lieu du dr vectoriel, ne permettait pas d'établir ce résultat, car la formule $\frac{1}{2}n(n+1)$ n'était plus applicable pour $n = 1$.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Le flambement des voûtes par une seule demi-onde est-il possible?* Note de M. **R. Chambaud**, présentée par M. Mesnager.

Considérons une voûte quelconque, raidie ou non par des nervures longitudinales, et faisons croître progressivement l'intensité de la charge qui agit sur elle, cette charge étant supposée répartie suivant la loi du funiculaire. La flèche de la voûte diminuera par suite de la déformation élastique. Cherchons à exprimer pour chaque position d'équilibre élastique l'intensité de la charge en fonction de la déformation, c'est-à-dire de la flèche correspondante. Ce sera bien entendu un calcul dans lequel nous n'aurons pas le droit de confondre la fibre moyenne initiale avec la fibre moyenne déformée; au contraire, nous tiendrons compte de la position réelle à chaque instant. Nous supposerons enfin que le phénomène reste élastique aussi longtemps qu'il le faudra, et que les culées sont parfaitement rigides.

Ecrivons alors la condition qui annule la dérivée de la charge par rapport à la déformation. Elle définit, quand elle peut être satisfaite, une charge critique de flambement par une seule demi-onde.

Pour les voûtes à trois articulations, il existera toujours une telle charge critique, car l'intensité de la charge étant nulle au départ ainsi qu'au moment où la fibre moyenne devient rectiligne, passera nécessairement par un maximum pour une position intermédiaire. Et si les deux demi-voûtes ont la forme de fuseaux assez épais, cette charge critique pourra se trouver inférieure à celle qui produit le flambement par deux demi-ondes.

Pour les voûtes à deux articulations, la charge critique de flambement par une demi-onde n'existe pas nécessairement. Son existence dépend de la raideur de l'arc : il faut que le rayon de giration ne dépasse pas une certaine fraction (la moitié environ) de la flèche finale. D'autre part, pour que cette charge critique soit inférieure à celle du flambement par deux demi-ondes, il faut que la raideur de l'arc soit suffisante, de sorte que finalement le phénomène ne peut se produire, même théoriquement, que dans des limites d'épaisseur de la voûte assez étroitement définies.

Pour les voûtes encastrées, les conditions sont encore plus restrictives.

Dans tous les cas on trouve que le flambement par une demi-onde ne peut avoir lieu avant que la voûte n'ait perdu, par raccourcissement élastique, une notable partie de sa flèche initiale, la moitié par exemple, ou même davantage. C'est assez dire qu'avec les matériaux usuels (pour lesquels la limite élastique n'est guère que la millième partie du coefficient d'élasticité), la rupture par simple écrasement de la matière surviendrait bien avant une telle déformation. Le phénomène ne pourrait donc effectivement s'observer qu'avec une matière jouissant de propriétés élastiques analogues à celles du caoutchouc par exemple, nous voulons dire pour laquelle la limite élastique ne serait pas très petite par rapport au coefficient d'élasticité. Un bois très résistant, un béton très fretté ou des aciers spéciaux à très haute limite élastique s'en rapprocheraient à la rigueur, encore exigeraient-ils des surbaissements tout à fait inusités, de sorte que le flambement des voûtes par une demi-onde peut être considéré comme physiquement impossible dans tous les cas pratiquement observables.

Donnons un exemple numérique propre à fixer les ordres de grandeur : une voûte en béton fretté à trois articulations, ayant une flèche égale au trentième de la portée, c'est-à-dire moins de la moitié des flèches usuelles, et présentant dans la section des reins un rayon de giration de l'ordre du cent-vingtième de la portée, flamberait par une seule demi-onde sous une charge correspondant à une compression longitudinale de 250 kg/cm^2

environ. A ce moment la voûte aurait perdu, par déformation élastique, quelque quarante centièmes de sa flèche initiale. Dans les mêmes conditions le flambement par deux demi-ondes aurait exigé une compression de l'ordre de 350 kg/cm², pouvant elle-même, si le frettage est suffisant, se trouver inférieure à celle qui produirait l'écrasement de la matière.

On voit combien nous sommes loin des cas susceptibles de se présenter dans l'art de l'ingénieur; nous avons dû, pour cet exemple numérique, imaginer une voûte tout à fait hors des proportions de la pratique comme surbaissement. Le seul flambement réellement redoutable dans les voûtes survient par deux demi-ondes, avec inversion à la clé du sens de la déformation. Il correspond, comme il est bien connu, à une déformation sans changement de longueur.

THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Diagrammes et nomogrammes.* Note de M. **J.-H. Coblyn**, présentée par M. d'Ocagne.

Il est d'usage, dans les calculs thermodynamiques, d'assimiler un fluide à un gaz parfait, c'est-à-dire d'employer la relation ($pv = \mathrm{RT}$) qui lie la pression p, le volume spécifique v et la température absolue T, la constante R étant déterminée par le poids moléculaire M (MR est une constante universelle). Une détente adiabatique est régie par la loi de Laplace ($pv^{\frac{\mathrm{C}}{c}} = \text{const.}$) en supposant la constance du rapport des chaleurs spécifiques principales $\left(\frac{\mathrm{C}}{c} = \gamma\right)$. Cette relation entre p et v, combinée avec l'équation d'état ($pv = \mathrm{RT}$), établit une correspondance entre p, v et T.

On suppose qu'une détente quelconque, reliant deux états déterminés, est régie par la formule polystatique ($pv^n = \text{const.}$), n étant un exposant constant, dont la valeur peut varier entre γ (détente adiabatique) et 1 (détente isotherme).

Les simplifications précédentes offrent l'avantage de s'exprimer par des formules monomes faciles à calculer au moyen d'une règle à calculs ou d'une table de logarithmes. Malheureusement, on a le plus souvent affaire à une vapeur faiblement surchauffée et les approximations qui précèdent sont trop grossières pour donner des résultats utilisables. Il est bien préférable de faire usage de deux genres d'instruments graphiques :

1° Pour les avant-projets, de nomogrammes à points alignés s'appuyant sur cette particularité que, pour tous les fluides, l'équation d'état est très

sensiblement une équation linéaire en T et p,

$$\mathrm{A}p = \mathrm{V}'_1\mathrm{T} - \mathrm{V}'_2, \tag{1}$$

V'_1 et V'_2 étant des fonctions du volume et A l'équivalent calorifique de l'unité de travail. On a intérêt à prendre comme unité de volume, non plus le volume spécifique, mais le volume moléculaire V. On démontre facilement que l'entropie et l'énergie interne moléculaires sont des fonctions à variables séparées :

$$\mathrm{MS} = \mathrm{T}'_1 + \mathrm{V}_1 \tag{3}$$

$$\mathrm{MU} = (\mathrm{T}'_1\mathrm{T} - \mathrm{T}_1) + \mathrm{V}_2 \tag{4}$$

où S et U représentent l'entropie et l'énergie interne spécifiques, et où T_1 est une fonction de T seulement, indépendante de l'équation d'état (2). On vérifie facilement les relations (3) et (4) en formant d'après elles la fonction H de Massieu, exprimée en T et V,

$$\mathrm{MH} = \mathrm{M}(\mathrm{ST} - \mathrm{U}) = \mathrm{V}_1\mathrm{T} + \mathrm{T}_1 - \mathrm{V}_2. \tag{5}$$

Ses dérivées partielles sont, d'une part Ap par rapport à V, d'autre part MS par rapport à T. On a en outre

$$\mathrm{M}c = \mathrm{T}''_1\mathrm{T}. \tag{6}$$

Cette dernière formule est, d'après les données numériques de Langen, linéaire et de la forme $a\mathrm{T} + b$, a étant presque une constante universelle. C'est la raison pour laquelle il faut considérer les fonctions moléculaires et non spécifiques.

Les relations (3) et (4) sont exprimables par des nomogrammes à échelles rectilignes parallèles. De l'énergie interne U, on déduira facilement le potentiel thermodynamique $\mathrm{U} + \mathrm{A}p\mathrm{V}$, si utile pour la détermination des chaleurs totales (à pression constante) et pour les écoulements des fluides. On pourra construire directement le nomogramme d'un mélange gazeux, grâce à la fonction de Massieu (5). En considérant les nombres n_1, n_2, etc., de molécules-kilogrammes des constituants et V leur volume total, on a, s'il n'y a pas contraction, l'équation différentielle,

$$\mathrm{M}n\, d\mathrm{H} = \mathrm{A}p\, d\mathrm{V} + \mathrm{M}n\mathrm{S}\, d\mathrm{T},$$

qui exprime l'additivité des fonctions MnH.

2° Pour les projets définitifs, les calculs précédents pourront être cor-

rigés en utilisant des diagrammes dont la construction est facilitée par l'observation suivante. Si l'équation d'état correspondait rigoureusement à la formule (2), le réseau isotherme du diagramme de Gibbs (SV) s'obtiendrait, d'après l'équation (3), par la translation de la courbe $\text{MS} = \text{V}_1 + \text{const}$.

De même, le réseau isométrique (volume constant), sur le diagramme entropique, résultera de la translation de la courbe : $\text{MS} = \text{T}'_1 + \text{const}$. En réalité, ces réseaux seront presque parallèles et s'obtiendront ainsi : on établit, d'après les données numériques, le diagramme Tp; on considère l'inverse m du coefficient angulaire d'une isométrique, soit $\left(\frac{\partial p}{\partial \text{T}}\right)_v$. On construit un diagramme auxiliaire (m, v) sur lequel on représente le réseau isotherme.

Une courbe de ce réseau est la courbe intégrale de l'isotherme du diagramme de Gibbs, car

$$\text{T}.d\text{S} = \text{C}.d\text{T} + \text{AT}m.d\text{V}.$$

Plus exactement, on portera en abscisses non plus V, mais AV.

Dans le cas de l'équation (2), m n'est autre que $\frac{\text{V}'_1}{\text{A}}$, le réseau isotherme du diagramme auxiliaire se réduit à une simple courbe ; dans le cas général, ce réseau formera une bande très étroite.

Il est commode de donner à l'épure la forme d'un diagramme en croix de Boulvin, en disposant dans l'angle supérieur droit le diagramme Tp, dans l'angle inférieur droit le diagramme auxiliaire (m, AV), dans l'angle inférieur gauche le diagramme de Gibbs. En deux points correspondants, l'isométrique du diagramme Tp et l'isotherme du diagramme de Gibbs ont même coefficient angulaire. Alors, l'angle supérieur gauche donne le diagramme entropique directement par des lignes de rappel. On le complétera en traçant le réseau isobare grâce à la correspondance des variables T, v et p du diagramme Tp. C'est le diagramme entropique qui sera seul utilisé par les ingénieurs, concurremment avec le diagramme de Mollier, dont les variables indépendantes sont S et $\text{U} + \text{A}p\text{V}$.

PHYSIQUE. — *Mesure de la tension interfaciale entre les huiles minérales et les solutions aqueuses. Influence du temps et du* pH. Note [1] de MM. **H. Weiss** et **E. Vellinger**, présentée par M. A. Rateau.

La tension interfaciale d'un système huile minérale-solution aqueuse d'électrolytes dépend d'un certain nombre de facteurs. Nous examinerons dans cette Note l'évolution de la tension en fonction du temps et les variations en fonction du pH et de la composition de la phase aqueuse.

Technique. — La mesure de la tension interfaciale a été faite au tensiomètre de Lecomte du Noüy [2]. Pour éviter des erreurs grossières il est indispensable d'éliminer les contaminations de l'intersurface. A cet effet, on opère de la manière suivante : un petit bécher avec lequel on fait les mesures est soigneusement dégraissé et rempli jusqu'au bord avec la solution aqueuse qui doit servir dans l'expérience. Après quelques minutes de repos on décante rapidement la moitié du contenu du bécher. Cette opération a pour but d'éliminer la plus grande partie des impuretés superficielles. Si la tension superficielle reste, malgré ces précautions, inférieure à 73 dynes, on continue le nettoyage en prélevant des éléments de surface avec un anneau en platine préalablement rougi à la flamme. La surface propre ainsi obtenue est recouverte aussitôt d'une couche d'huile de 1^{cm} environ et l'on commence la mesure en fonction du temps; le temps zéro étant compté à partir du moment où les deux phases sont mises en contact.

Les variations du pH de la phase aqueuse sont obtenues avec un tampon universel qui se compose d'un mélange des tampons biphtalate, phosphate et borate de Clark et Lubs. Le pH de chaque tampon est vérifié à l'électrode à hydrogène.

Évolution de la tension interfaciale en fonction du temps. — La tension interfaciale de toutes les huiles subit en fonction du temps une évolution. Cette évolution dépend du pH de la phase aqueuse, du degré de raffinage de l'huile ou de son degré d'altération. L'évolution est d'autant plus importante que le pH est plus élevé comme le montre l'exemple de la figure 2. Elle se poursuit durant de longues heures et rend dans ces conditions les valeurs finales de la tension interfaciale incertaines. Nous avons préféré prendre les valeurs initiales en extrapolant toutes nos mesures au temps zéro. D'ailleurs cette correction n'est jamais supérieure à quelques unités de la première décimale pour les pH bas.

---

(1) Séance du 18 mars 1929.

(2) P. Lecomte du Noüy, *Surface equilibria of biological and organic Colloids* (New-York, 1926).

La tension interfaciale en fonction du pH *et de la composition du tampon.* — Si l'on porte la tension interfaciale d'une série d'huiles en fonction du pH de la phase aqueuse, on remarque que les courbes ainsi obtenues peuvent prendre deux formes caractéristiques :

1° Une forme de courbes sensiblement parallèle à l'axe des pH pris comme abscisses et présentant des sinuosités de faibles amplitudes (courbe A de la figure 1).

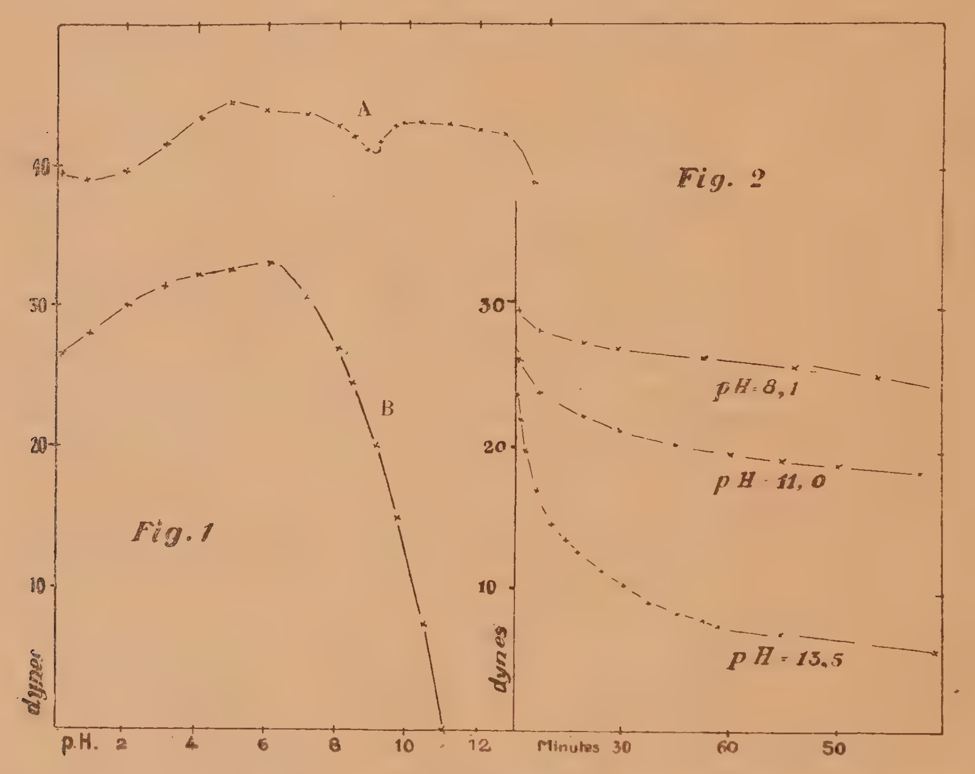


Fig. 1. — Courbes des tensions interfaciales entre les huiles minérales et les solutions aqueuses en fonction du pH.

Fig. 2. — Variations en fonction du temps des tensions interfaciales entre les huiles minérales et les solutions aqueuses pour divers pH.

2° Une forme de courbes dont l'extrémité correspondant aux forts pH plonge rapidement vers l'axe des pH (courbe B de la figure 1).

En comparant une série de courbes entre elles, on constate qu'il existe une certaine parenté entre les sinuosités que présentent ces courbes. Les courbes de la première catégorie ont généralement deux maximum situés à pH = 6 et pH = 11. Si l'on fait des mesures de tension interfaciale avec

de l'eau distillée dont on fait varier le pH avec de l'acide chlorhydrique, de la soude ou du bicarbonate, on remarque que ces sinuosités des courbes de la première catégorie font défaut. Il s'ensuit donc que la composition du tampon influe notablement sur la forme des courbes obtenues.

Nous avons examiné sur une même huile séparément et pour toute l'étendue de l'échelon des pH les tampons rentrant dans la composition du tampon universel dans les expériences précédentes. L'influence de ces tampons est très différente. C'est ainsi que le borate donne sensiblement une droite parallèle à l'axe des pH, avec une chute aux deux extrémités de l'échelle des pH. La courbe du biphtalate présente un plateau analogue à celui observé dans le cas du tampon borate et qui s'étend de pH 6 à pH 10. Dans les pH inférieurs à 6 la courbe plonge rapidement vers l'axe des abscisses et pour les pH supérieurs à 10 on observe un maximum situé à pH 12 environ. Enfin pour le tampon phosphate on obtient trois maximum.

Il ressort de ce qui précède que la tension interfaciale d'un système huile minérale-solution aqueuse d'électrolytes ne dépend pas seulement du pH de la phase aqueuse, mais aussi de la nature des électrolytes utilisés. Mais les variations dues à la nature des électrolytes sont négligeables en première approximation devant celles apportées par les variations du pH.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur l'influence de l'acide borique sur la phosphorescence des sulfures de zinc préparés par la méthode de l'explosion.* Note de M. **F. Prevet**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que lors de la préparation du sulfure de zinc phosphorescent par réaction explosive directe entre le soufre et le zinc, on peut incorporer au mélange, avant explosion, des corps quelconques en vue d'en étudier l'influence éventuelle sur la phosphorescence [1].

J'ai observé que l'incorporation d'une dose importante d'acide borique fondu pulvérisé communiquait à la phosphorescence du sulfure de zinc à phosphorogène cuivre des qualités particulièrement avantageuses.

Action sur l'aspect physique de la réaction. — L'incorporation de l'acide borique diminue la violence de la réaction, mais nettement moins que les autres substances : alors qu'en règle générale il est difficile de dépasser 10 pour 100 de substance inerte, on peut aller au delà de 20 pour 100 d'acide

---

[1] Voir R. Coustal et F. Prevet, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 703.

borique. (Il faut alors amorcer la réaction par la combustion d'un peu de phosphore blanc, ou par l'explosion d'une petite masse de mélange zinc-soufre sans acide borique.)

On obtient un sulfure d'autant plus dur que la quantité d'acide borique est plus forte : au-dessus de 10 pour 100 la masse se prend en un bloc assez difficile à pulvériser.

Action sur l'inaltérabilité du sulfure. — Contrairement aux sulfures préparés sans acide borique, le sulfure à 5 pour 100 ou plus d'acide borique est inaltérable à l'air et à l'humidité : après plusieurs jours de séjour dans l'eau, un tel sulfure a conservé ses propriétés.

Action sur l'intensité de la phosphorescence. — Si l'on prépare une série de produits à concentration croissante en acide borique, on observe un accroissement considérable de la luminosité des produits pour une dose d'acide borique comprise entre 5 pour 100 et 20 pour 100, la dose optima dépendant d'ailleurs de la finesse des grains d'acide borique. L'intensité peut ainsi être augmentée dans le rapport de 1 à 4.

Action sur la persistance de la phosphorescence. — La loi de décroissance de la phosphorescence des sulfures préparés par explosion après incorporation d'acide borique, a été étudiée à l'aide du phosphoromètre de Coustal [1].

Il y a un optimum très net pour une proportion d'acide borique un peu supérieure à celle qui correspond à l'optimum de phosphorescence initiale.

Dans le cas de cet optimum, la persistance s'est trouvée légèrement meilleure que celle des meilleurs produits du commerce.

OPTIQUE. — *Étude de l'absorption d'un échantillon de sel gemme bleu.* Note [2] de M. **Pierre Leroux**, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé d'étudier la variation de l'absorption d'un échantillon de sel gemme bleu en fonction de la longueur d'onde et en fonction de la température. L'appareil employé est celui qui m'a déjà servi dans de précédentes recherches [3]. Les lames étudiées proviennent d'un échantillon de sel gemme bleu de Strassfurt, leur coloration examinée à la loupe sur des

---

(1) Voir R. Coustal, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 326.

(2) Séance du 11 mars 1929.

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1456; *Journal de Physique*, 9, 1928, p. 142.

lames peu épaisses, se présente sous la forme d'un nuage bleu ([1]). Ces lames ont été obtenues par clivage, la dureté du sel gemme étant faible (2,5 à l'échelle de Mohs), des précautions ont été prises pour éviter de les rayer; en particulier, elles n'ont jamais été touchées ni essuyées à l'endroit traversé par la lumière et la mesure de l'épaisseur a été faite au palmer tout autour de la partie de la lame placée devant le diaphragme.

Les mesures ont porté sur le coefficient d'absorption K. On a admis comme valeur moyenne du pouvoir réflecteur R (nécessaire pour calculer K), dans les limites des radiations étudiées R = 0,045.

Voici les valeurs de K obtenues avec une lame d'épaisseur $l = 0^{cm},107$ à la température de 18°.

λ en Å.....	3655	4046	4358	4916	5460	5769 / 5790
K..........	2,47	2,24	2,26	2,45	4,52	6,45

Ces valeurs varient un peu avec les lames étudiées (surtout pour les plus grandes longueurs d'onde) mais l'allure de la courbe reste la même et indique un minimum d'absorption dans le violet indigo.

L'échantillon de sel gemme a été ensuite étudié à diverses températures avec l'appareil déjà décrit ([2]).

Jusqu'à 200° les valeurs de K restent constantes pour les radiations étudiées. Vers 200-220° on constate une diminution rapide de l'absorption.

Voici les valeurs obtenues avec la lame d'épaisseur $l = 0^{cm},107$ après chauffage à 220° et refroidissement à 18°. La décoloration n'est pas complète, on voit encore à l'œil une teinte légèrement bleutée :

λ en Å...........	3655	4046	4358	4916	5460	5769 / 5790
K..............	1,10	1,31	1,27	0,80	0,82	0,99

La précision des mesures ne permet pas de déterminer avec certitude si la diminution de l'absorption se produit à la même température pour toutes les longueurs d'onde. On peut seulement affirmer que la durée du chauffage intervient et que *le minimum d'absorption se déplace vers les grandes longueurs d'onde*.

([1]) Cette coloration est due à des particules visibles à l'ultramicroscope (Cotton et Mouton, *Les ultramicroscopes, les objets ultramicroscopiques*, p. 68). Le diaphragme de l'appareil employé ayant seulement 3mm de diamètre, on a trouvé facilement des lames ayant une coloration uniforme pour cette dimension.

([2]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 338; *Journal de Physique*, **9**, 1928, p. 365-377.

Après un nouveau chauffage à 250°, la lame ne présente plus à l'œil aucune coloration.

On trouve alors :

λ en Å............	3655	4046	4358	4916	5460	{ 5769 5790
K................	0,67	0,67	0,64	0,13	0,32	0,22

Il s'est encore produit une diminution de l'absorption.

La température de décoloration trouvée concorde avec celle donnée par Przibram et Mlle Belar (¹) qui indiquent 200-250°. D'autre part, Przibram (²) en étudiant l'action de la compression sur le sel gemme trouve que l'influence de la pression disparaît par un chauffage à 200° environ. Il semble donc bien qu'il se produit déjà une modification au voisinage de 200°.

On a ensuite choisi dans le bloc de sel gemme étudié une lame de clivage ne présentant à l'œil aucune coloration dans la région qui doit être placée devant le diaphragme (une coloration existe cependant sur l'un des bords de la lame).

Cette lame d'épaisseur $l = 0^{cm},085$ donne à 18° :

λ en Å............	3655	4046	4358	4916	5460	{ 5769 5790
K................	2,33	2,11	2,14	1,38	1,19	2,44

Cette lame a été ensuite chauffée jusqu'à ce que la coloration bleue qui existe sur l'un des bords disparaisse complètement ; on trouve, après refroidissement à 18° :

λ en Å............	3655	4046	4358	4916	5460	{ 5769 5790
K................	0,67	0,54	0,65	0,13	0,22	0,13

On voit que, avant chauffage, la lame bleue et la lame incolore provenant du même échantillon donnent sensiblement la même absorption jusqu'à la radiation 4358 Å ; la différence devenant par contre très importante pour les plus grandes longueurs d'onde.

L'augmentation rapide de l'absorption avec la longueur d'onde qui existe dans un échantillon bleu même pour les parties de l'échantillon qui à l'œil

---

(¹) Przibram et Mlle Belar, *Anzeiger der Akad. der Wiss. in Wien*, **16**, 1923, p. 120.

(²) Przibram, *Coloration du sel gemme comprimé* (*Wien. Ber.*, **136**, 1927, p. 43-56).

ne semblent pas colorées est en accord avec les expériences de Zebert [1]. Celui-ci en faisant agir les rayons β et γ sur du sel gemme blanc (ce qui le colore en bleu) constate une augmentation irréversible de l'absorption, pour les grandes longueurs d'onde, même pour une dose de rayons insuffisante pour produire un bleuissement visible.

PHYSIQUE. — *Élargissement et déplacement des raies spectrales par diffusion moléculaire.* Note de MM. **Jean Cabannes** et **Pierre Salvaire**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'un de nous a déjà montré [2], à l'aine d'un étalon interférentiel Perot et Fabry, que la radiation 4358 Å du mercure était élargie dissymétriquement par diffusion moléculaire au sein d'un gaz (butane) à la pression atmosphérique. L'élargissement atteignait 0,04 Å environ et le déplacement apparent *vers le rouge* 0,01 Å. Les anneaux d'interférence étaient encore visibles avec un étalon ayant 10^{mm} d'épaisseur. Dans le cas des liquides un étalon de cette épaisseur ne donne pas d'anneaux, preuve d'un élargissement plus considérable.

Nous avons donc étudié la lumière diffusée latéralement par les liquides avec un étalon d'épaisseur moitié moindre. On obtient alors de beaux anneaux avec la vibration I (normale au rayon incident); on n'en obtient pas avec la vibration *i* (parallèle à l'incident). Il en résulte que les fluctuations en orientation des molécules anisotropes donnent par diffusion une raie plus large que les fluctuations en densité; mais la radiation qui provient des fluctuations en densité est cependant élargie elle aussi (élargissement $< 0,1$ Å) et déplacée vers le rouge. Ce déplacement vaut 0,05 Å environ et varie peu d'un liquide à l'autre :

Alcool méthylique	$\Delta\lambda = 0,065$ Å	Cyclohexane.....	$\Delta\lambda = 0,060$ Å
» éthylique.........	0,050	Benzène.........	0,035
» propylique normal.	0,070		
Acide acétique	0,055	PBr^3............	0,055

Nous trouvons là un effet comparable à l'effet Compton, bien qu'il paraisse avoir une origine différente.

(1) Zebert, *Wien. Ber.*, 136, 1927, p. 337-355.
(2) J. Cabannes et P. Daure, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1533.

Ces changements ne doivent pas être confondus avec l'apparition déjà signalée ([1]), dans la lumière diffusée, d'un spectre continu, sur un intervalle de 50 Å environ de part et d'autre de la radiation fondamentale ([2]).

L'intensité totale de la lumière dans ce spectre, qui n'atteint pas un dixième de l'intensité de la raie fondamentale, ne gêne pas l'observation des anneaux d'interférence.

Le déplacement vers le rouge s'observe aussi dans la lumière diffusée par les solides vitreux ([3]).

Peut-être faut-il rattacher au phénomène que nous venons de décrire un autre fait, observé sur les spectres de diffusion obtenus par Daure. Dans les liquides les radiations secondaires sont en général assez larges et difficiles à repérer avec précision; mais elles sont souvent plus fines dans les cristaux. Aussi avons-nous pu mesurer avec précision certaines raies secondaires du quartz et du spath en les comparant aux raies les plus voisines de l'arc au fer; nous avons observé que les raies positives et négatives correspondantes n'étaient pas exactement symétriques par rapport à la raie fondamentale. On trouve, par exemple :

Spath	$n = -156,7 \pm 0,5$ cm^{-1}	$n = -283,2 \pm 0,5$ cm^{-1}
	$+153,9 \pm 0,5$	$+279,7 \pm 0,5$
Quartz....................................		$n = 128,5 \pm 0,5$ cm^{-1}
		$+127,5 \pm 0,5$

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Lorsque nous avons trouvé, Daure et l'un de nous, ce spectre continu, nous l'avons donné comme symétrique par rapport à la raie fondamentale. Raman (*Indian Journal of Physics*, 4, 1928, p. 399), puis Gerlach (*Annalen der Physik*, 5, 1929, p. 301) ont montré plus tard qu'en réalité il s'étendait davantage vers les grandes longueurs d'onde. L'élargissement vers les grandes longueurs d'onde dépasserait de quelques angströms l'élargissement vers les petites.

([3]) Il faut opposer aux résultats décrits dans cette Note d'importantes expériences de Rocard et Bogros (*Journal de Physique*, 9, 1928, p. 105) qui n'ont obtenu, dans la lumière d'opalescence critique, ni élargissement ni déplacement. Même résultat négatif avec la lumière de résonance de la vapeur de sodium.

PHYSIQUE. — *Analyse électronique : maille des oxydes de magnésium, zinc et cadmium. La loi de Louis de Broglie.* Note de M. **M. Ponte**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note précédente, j'ai donné une méthode de diffraction des électrons par des poudres cristallines, appliquée à l'oxyde de zinc ([1]). La même méthode a été employée avec succès pour les oxydes de magnésium et de cadmium, déposés sur des diaphragmes minces en forme de fente; les électrons utilisés avaient des vitesses de 16670 ou de 10870 volts, les mesures des dimensions de la maille pouvant s'effectuer à 1 pour 100. J'ai trouvé, par application des lois de Bragg et de Louis de Broglie :

	V (volts).			
	16670.	10870	Moyenne.	Densité calculée.
a, CdO[O_h^5]...............	4,68	4,69	4,68	8,27
a, MgO[O_h^5]...............	4,18	4,20	4,19	3,62

Pour l'oxyde de magnésium, les diverses déterminations de a par les rayons X sont comprises entre 4,18 et 4,22, la valeur fournie par les tables américaines étant 4,20 ([2]); pour l'oxyde de cadmium, elles sont égales à 4,70 et 4,72; cette dernière valeur, admise par les tables en question ([2]), doit être un peu trop forte.

L'oxyde de magnésium, étudié par les rayons X, présente des particularités intéressantes : la réflexion 111 est très rarement visible sur les radiogrammes de poudres et les réflexions sur les plans à trois indices impairs sont très faibles. Les électrons révèlent un phénomène analogue : l'anneau 111 est visible, quoique très faible, mais les anneaux à trois indices impairs sont absents. L'explication est la même que pour les rayons X : Mg^{++} et O^{--}, dont les amplitudes diffractées sont en opposition de phase pour ces plans, ont pour les ondes associées des pouvoirs réflecteurs voisins (puisqu'ils ont le même nombre d'électrons). Dans ce cas particulier au moins, le facteur de structure joue donc le même rôle, pour les électrons et pour les rayons X.

Divers perfectionnements m'ont permis d'augmenter la précision des

---

([1]) M. Ponte, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 244.

([2]) *International critical Tables*, 1, 1re édition, 1926, CdO, p. 344; MgO, ZnO, p. 342.

mesures qui ont été reprises sur l'oxyde de zinc (tissus). J'ai vérifié que, pour neuf vitesses comprises entre 15710 et 7980 volts, le produit

$$\lambda_{\text{mesuré}}\sqrt{V}\left(1+\frac{eV}{4m_0c^2}\right).$$

égal à $\frac{h}{\sqrt{2em_0}}$ dans la théorie de Louis de Broglie, est constant à la précision suivante : les valeurs extrêmes ne diffèrent pas de plus de 6 pour 1000 et l'on ne s'écarte pas de la valeur moyenne de plus de 3 pour 1000, ce qui est de l'ordre des erreurs expérimentales. Pour que cette valeur moyenne coïncide avec la valeur de $\frac{h}{\sqrt{2em_0}}$, il faut prendre pour la structure de l'oxyde de zinc :

ZnO (hexagonal, C_{6v}^4) : $a = 3,22$; $c = 5,175$. Densité calculée : 5,77.

Ces dimensions sont inférieures de 1 pour 100 à celles des tables américaines, ce qui dépasse les erreurs de mes expériences, mais elles concordent avec celles que donnent la plupart des auteurs qui les ont déterminées aux rayons X ([1]). Les chiffres suivants montrent les résultats obtenus avec ce réseau :

V_{volts}	15710	13480	11150	10190	9770	9610	9490	9230	7980
$\frac{h}{\sqrt{2em_0}}.10^{-4}$.. (mesuré)	1,228	1,223	1,221	1,227	1,223	1,224	1,224	1,223	1,225

$\frac{h}{\sqrt{2em_0}}$ (calculé avec les valeure de h, e, m_0 admises actuellement) ..... $1,2244.10^4$

J'ai multiplié les mesures autour de $V = 9650$ volts, vitesse à partir de laquelle les électrons excitent les rayons K du zinc du réseau diffractant. A la précision des expériences, il n'y a aucune anomalie dans cette région.

Les mesures précédentes permettent de conclure que, au moins pour les vitesses d'électrons utilisées, l'analyse électronique est *au moins* aussi précise que l'analyse aux rayons X et qu'elle peut être utilisée avec confiance.

([1]) Cf. MAUGUIN, *La structure des cristaux*, p. 229 : $a = 3,22$; $c = 5,18$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'effet photo-électrique et le spectre X continu.* Note [1] de M. E. **Sevin**, présentée par M. d'Ocagne.

Depuis qu'a paru notre ouvrage, *Le temps absolu et l'espace à quatre dimensions*, [2] nous avons été amené à faire diverses applications nouvelles de la théorie de la lumière donnée dans cet ouvrage, notamment en ce qui concerne l'effet photo-électrique et le spectre X continu.

Effet photo-électrique. — Considérons, dans un atome, un électron circulant sur une orbite où sa vitesse est v' et soumettons cet atome à une radiation X de fréquence ν'. La longueur d'onde de cette radiation et le diamètre de l'orbite se trouvant être pratiquement du même ordre de grandeur, pour une orientation déterminée du plan de l'orbite, l'harmonie, entre les deux ondes stationnaires que provoque dans l'éther la force qui détermine les phénomènes gravifiques, sera d'autant plus facilement détruite que la fréquence ν' sera plus petite. C'est dire que la diffusion, qui s'amorce, va se trouver d'autant plus intense que les rayons X employés seront plus mous.

Cette diffusion s'opérera naturellement, que $m_0 c^2 \tau_0 \nu'$ soit plus grand ou plus petit que $\frac{1}{2} m_0 v'^2 = W'$. Décrivons le phénomène dans le premier de ces cas. L'électron, étant libéré, tombera sur une trajectoire plus intérieure, où il prendra une vitesse v'' telle que

$$\nu' = \frac{1}{2\tau_0}\left(\frac{v''^2}{c^2} - \frac{v'^2}{c^2}\right),$$

et, aussitôt après y être arrivé, l'énergie, emmagasinée pendant la chute, sera libérée sous forme d'un rayonnement de fréquence ν'. C'est la diffusion sans changement de fréquence.

Au bout d'un certain temps, les perturbations amèneront le plan de l'orbite de l'électron dans une direction sensiblement normale à celle de la radiation X incidente; cette radiation agira alors d'une façon cohérente sur l'électron, qui, se trouvant ainsi en mesure d'absorber, remontera sur sa trajectoire initiale où il reprendra son énergie $-\frac{1}{2} m_0 v'^2$.

---

[1] Séance du 18 mars 1929.

[2] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 290.

Le phénomène continuera suivant le même processus. Mais il se trouvera que, de temps à autre, l'électron arrivera, sur sa trajectoire inférieure, dans un plan d'orbite à peu près normal à la direction de la radiation ; il remontera alors sur sa trajectoire supérieure, sans avoir eu le temps de libérer son énergie, et il pourra être expulsé. Soit W son énergie après expulsion

$$W = \frac{1}{2} m_0 v''^2 - \frac{1}{2} m_0 v'^2 - W' = m_0 c^2 \tau_0 \nu' - W' = h\nu' - W'.$$

C'est la loi photo-électrique.

Le spectre X continu. — Quand une anticathode est bombardée par des électrons de vitesse v, ceux-ci prennent, en y pénétrant, toutes les vitesses comprises entre v et o. Ils y acquièrent donc toutes les fréquences limitées par $\frac{1}{\tau_0}$ et $\frac{1}{\tau_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ et l'on doit, par suite, observer tous les battements possibles entre

$$\text{o} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\tau_0}\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right) = \frac{1}{2\tau_0}\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2}\frac{m_0 v^2}{m^0 c^2 \tau_0} = \frac{eV}{h}.$$

On retrouve ainsi le spectre X continu et, numériquement, sa fréquence maxima résultant de la loi de Duane et Hunt.

On pourra rapprocher ce résultat de celui obtenu par M. Décombe en s'appuyant sur des conceptions qui diffèrent complètement des nôtres (voir *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1265).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les revenus d'aciers austénitiques*. Note [1] de MM. **André Michel** et **Pierre Benazet**, présentée par M. Léon Guillet.

Certains aciers spéciaux peuvent être rendus austénitiques par trempe à haute température. Si l'on fait subir à ces aciers un revenu, et si l'on suit l'opération au dilatomètre, on constate qu'elle se produit suivant l'un des deux types suivants :

A. A une certaine température, il se produit brusquement une forte dilatation accompagnée d'un grand dégagement de chaleur ; le phénomène est souvent visible très nettement à cause d'une vive recalescence. Ensuite, au refroidissement, l'acier qui était à l'état austénitique à forte dilatation, n'a plus qu'un coefficient de contraction bien moindre correspondant à

(1) Séance du 18 mars 1929.

l'état α magnétique. Donc, le phénomène constaté à la température de revenu correspond à la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. La température à laquelle se produit ce phénomène est variable avec la composition de l'acier et, en une certaine mesure, avec la vitesse d'échauffement.

B. A partir d'une certaine température, on observe une anomalie de dilatation négative graduelle, qui est d'autant plus accentuée que la vitesse de chauffage est moins rapide. Si l'on refroidit ensuite l'éprouvette, elle conserve au refroidissement un coefficient de contraction à peu près identique au coefficient de dilatation du chauffage (généralement un peu moindre), jusqu'à une température relativement basse à laquelle se produit brusquement une forte dilatation qui ramène l'acier à l'état magnétique. Cette transformation se produit à température d'autant plus élevée et est, par conséquent, d'autant plus avancée à la température ambiante, que l'anomalie au chauffage a été plus intense. L'interprétation de ce second type de revenu est la suivante : l'acier trempé à haute température reste à la température ambiante sursaturée de carbure et autres composés; au chauffage ces carbures se précipitent avec contraction; à la suite de cette précipitation, l'austénite moins chargée en composés dissous, ce qui diminue les resistances passives, peut subir sa transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ au refroidissement. Plus il y a de composés précipités (si on leur en a laissé le temps, car la réaction est lente pour certains aciers chargés en éléments étrangers, le chrome par exemple) plus la transformation se produira tôt au refroidissement, et plus elle sera brusque.

Nous avons pensé qu'il y avait, entre ces deux catégories, non une différence de nature, mais seulement une différence de vitesses de réaction, et nous avons voulu mettre en évidence directement l'analogie entre les deux phénomènes.

Nous avons opéré sur un acier à 0,5 pour 100 de C, 0,27 pour 100 de Si, 0,45 pour 100 de Mn, 19,0 pour 100 de Cr et 0,80 pour 100 de Ni, rendu complètement austénitique par trempe à 1250° à l'air. Nous avons tracé des courbes au dilatomètre différentiel Chevenard, en maintenant la température de revenu pendant plusieurs heures, au moyen d'un régulateur de températures.

En maintenant la température pendant 11 heures, entre 680° et 700°, nous avons constaté d'abord une contraction, suivie d'une forte dilatation progressive; le refroidissement indiqua ensuite que l'éprouvette était revenue à l'état α.

---

(1) Séance du 18 mars 1929.

Une opération effectuée entre 520° et 550° ne nous a donné, au bout de 14 heures, qu'une partie de la contraction première, et au refroidissement, un début de transformation s'est produit vers 150°.

Nous avons donc montré ici que le phénomène de transformation au revenu qui se produit très rapidement dans les aciers de la première catégorie se produit de même, mais avec beaucoup de lenteur, dans les aciers de la deuxième catégorie, la vitesse étant, évidemment, d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Nous avons voulu voir inversement si un acier de la première catégorie à transformation en quelque sorte explosive au revenu ne se transformerait pas à la température plus basse, lentement comme un acier de deuxième catégorie. Nous avons pris un acier à 0,94 pour 100 de C, 0,18 pour 100 de Si, 0,95 pour 100 de Mn, 5,8 pour 100 de Cr, 5,6 pour 100 de Tu et 25 pour 100 de Co, qui, après trempe à 1250° à l'air, subit normalement au chauffage vers 700° le phénomène brusque explosif de dilatation et de dégagement de chaleur correspondant à la transformation.

En maintenant la température pendant 17 heures entre 620 et 660°, on constate un phénomène identique à celui qui vient d'être décrit pour l'acier de la deuxième catégorie. Nous avons constaté toutefois qu'au bout de 17 heures la transformation n'est pas achevée et s'est terminée au cours du refroidissement à partir de 350° environ.

Conclusion. — Il résulte nettement de cette étude que les deux catégories de revenus cités au début n'ont pas entre eux une différence de nature ; la seule différence réside dans les valeurs des résistances passives. Faibles dans les aciers de la première catégorie, elles n'empêchent pas la transformation $\gamma \to \alpha$ de se produire rapidement au cours du chauffage à une certaine température ; mais, à températures plus basses, il faut lui accorder du temps pour se produire. Dans la deuxième catégorie, au contraire, ces résistances passives sont suffisantes pour empêcher toute transformation brusque de se produire au chauffage et exiger un temps suffisant pour cela, et seulement lorsque suffisamment de composés dissous, dont l'austénite est sursaturée, se sont précipités. Lorsque la durée de maintien est trop faible, il ne se produit qu'un précipité des éléments dissous et la transformation ne se produit qu'au refroidissement lorsque la tension de réaction est suffisante pour l'emporter sur les résistances passives. Le chrome semble être particulièrement responsable de la valeur de ces résistances passives.

Nous n'avons pu provoquer le phénomène inverse sur notre acier de deuxième catégorie, c'est-à-dire : revenu explosif à température plus élevée ;

car, à partir de 800°, l'austénite entre dans sa zone de stabilité; il n'y a plus aucune tendance à la transformation $\gamma \to \alpha$ et jusqu'à 800° les résistances passives étaient trop considérables pour le tolérer.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons des sels de cérium tétravalent et des sels de thorium avec le carbonate de sodium* (*céricarbonate et thoricarbonate de sodium*). Note [1] de M. **Léon Lortie**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les solutions de carbonates alcalins précipitent les sels cériques à l'état d'hydroxycarbonate cérique qui se redissout dans un excès de réactif en donnant une liqueur jaune. Ordway [2] a montré, en 1858, que l'hydroxyde cérique se dissout dans les mêmes conditions. A. Job [3] a vu que le cérinitrate d'ammonium se dissout dans le carbonate de potassium.

J'ai obtenu avec le carbonate de sodium et les sels cériques un céricarbonate de sodium répondant à la formule $[Ce(CO^3)^5]Na^6, 12H^2O$.

On dissout, à froid, pour éviter l'hydrolyse, 15^g de cérinitrate d'ammonium dans 25^{cm^3} d'eau. On verse goutte à goutte et en agitant constamment cette solution dans une solution froide de CO^3Na^2 à 25 pour 100. Il se forme un précipité dont la majeure partie se redissout. On filtre puis on laisse évaporer la liqueur. Au bout de quelques heures on a des cristaux jaunes, prismatiques, de céricarbonate de sodium. On peut les laver rapidement à l'eau glacée.

L'analyse de ces cristaux donne : CeO^2, 21,75; CO^2, 27,85; Na^2O, 23,71; H^2O, 27,19. Théorie pour $[Ce(CO^3)^5]Na^6, 12H^2O$: CeO^2, 21,66; CO^2, 27,77; Na^2O, 23,42; H^2O, 27,21.

A l'étuve, à 100-110°, le sel subit une perte de 24,5 pour 100, ce qui correspond à la disparition de 10 molécules d'eau. Il faut chauffer jusqu'à 200°, température où ce complexe est encore stable, pour enlever les deux dernières molécules d'eau. Les dosages de l'oxygène actif par H^2O^2 montrent que nous avons réellement affaire à un sel de Ce^{IV}.

Le précipité qui le précède est d'une constitution mal définie. Plusieurs analyses tendent toutefois à lui assigner une formule voisine de $CeCO^3(OH)^2$, les rapports $CeO^2 : CO^2$ tendant tous vers 1 : 1.

---

(1) Séance du 18 mars 1929.

(2) Ordway, *Am. J. Sc.*, 2e série, **26**, 1858, p. 205.

(3) A. Job, *Ann. Phys. et Chim.*, 7e série, **20**, 1900, p. 252.

Le céricarbonate de sodium se décompose rapidement dans l'eau, abandonnant la totalité du carbonate de sodium contenu dans le complexe. Il se dépose encore de l'hydroxycarbonate cérique, de composition analogue à celui mentioné plus haut. Il est soluble dans les solutions de CO^3Na^2. On peut, à l'aide de cette solution, constater que le cérium est alors plus ou moins dissimulé à ses réactifs ordinaires. Le sulfate de potassium et l'oxalate d'ammonium sont sans action tandis que le phosphate de sodium et l'ammoniaque le précipitent lentement. La soude le précipite instantanément. Les acides le décomposent avec effervescence et formation de sels cériques plus ou moins stables. L'acide oxalique, en plus du dégagement de CO^2 donne une liqueur rouge d'où précipite un sel cristallin brun rouge qui se réduit rapidement à la lumière.

On peut encore dissoudre le céricarbonate de sodium dans l'eau additionnée de corps possédant un ou plusieurs groupements (OH) alcooliques, tels que la glycérine, le glucose, la mannite, le sel de Seignette. Le cérium est alors complètement dissimulé, même à la soude. Bien plus, si ces solutions ont tendance à s'hydrolyser, l'addition de NaOH retarde cette hydrolyse. Certains corps à fonction phénol, comme les salicylates et les gallates alcalins donnent des solutions rouge sang.

Thoricarbonate de sodium. — Clève (¹), puis Rosenheim (²), ont décrit un sel de thorium analogue au céricarbonate de sodium, se présentant en cristaux prismatiques et de formule : $[Th(CO^3)^5]Na^6 . 12H^2O$. L'analogie des formules et des formes cristallines et les nombreux cas d'isomorphisme connus entre les sels de Th et de Ce^{IV} m'ont incité à voir si ces deux sels étaient isomorphes. Tout comme le céricarbonate, le sel de Th ne perd que 10^{mol} d'eau à 100-110° et 12^{mol} à 200°. J'ai réussi à les faire syncristalliser dans trois cristallisations successives. Les proportions de cérium et de thorium variaient de la première à la troisième.

	1.	2.	3.
CeO^2 pour 100	8,56	7,49	6,76
ThO^2 pour 100	18,12	18,28	19,36

L'isomorphisme des deux sels est dans ces conditions certain.

(¹) P. T. Clève, *Bull. Soc. chim.*, 21, 1874, p. 115-123.

(²) Rosenheim, Samter et Davidsohn, *Z. f. an. Chem.*, 35, 1903, p. 424.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la fusibilité des mélanges ferro-calciques.* Note de M. L. **Jacqué**, présentée par M. G. Charpy.

Les fusibilités des laitiers silico-alumino-calcaires (ou magnésiens) ont donné lieu à de nombreuses recherches, qui ont conduit à des diagrammes généralement admis à l'heure actuelle.

Pour les laitiers contenant du fer, on ne possède encore que des données insuffisantes et peu concordantes. Ces laitiers se forment cependant dans diverses opérations métallurgiques; au four électrique à acier notamment, on obtient, en fin de fusion de la charge, des laitiers à hautes teneurs en chaux et oxydes de fer, telles que, par exemple, 40 à 50 pour 100 de CaO, 20 pour 100 de FeO, 10 pour 100 de Fe^2O^3.

En étudiant les laitiers basiques, nous avons ainsi été amené à préciser d'abord les conditions de fusibilité des mélanges CaO-Fe^2O^3. Une difficulté spéciale se présente aussitôt du fait que la composition d'un tel mélange, chauffé jusqu'à fusion, se modifie graduellement par perte d'oxygène, la fusibilité variant en même temps d'une manière sensible; c'est ce qui explique les nombreuses discordances des éléments de diagramme déjà établis pour le système CaO-Fe^2O^3 ([1]); leurs auteurs se sont d'ailleurs efforcés, sans y parvenir complètement, d'empêcher toute formation de FeO, s'écartant ainsi des conditions réelles de formation des laitiers ferro-calciques.

Pour nous approcher davantage de ces conditions, nous avons cherché à caractériser les fusibilités des mélanges CaO-Fe^2O^3 par une donnée dont la signification est sans doute plus pratique que théorique, mais qui permet leur comparaison : la température de début de fusion d'une petite montre introduite sur un support neutre (platine) dans une enceinte à température bien définie. Le même mode de caractérisation et la technique que nous allons décrire sommairement pourraient s'appliquer aux fusibilités de laitiers industriels divers.

Nos essais ont été faits dans un four à gaz soufflé, chauffant deux tubes concentriques; ce dispositif permet de réaliser une répartition très régulière des températures le long du tube intérieur, et d'agir sur l'atmosphère

---

([1]) Hilpert et Kohlmeyer, *Ber. D. Ch. Ges.*, 42, 1909, p. 4581. — Sosman et Merwin, *Journal of the Washington Acad. of science*, 6, 1916, p. 532. — Campbell, *Journal of Ind. and Eng. Chem.*, 11, 1919, p. 116.

de ce dernier. Au point où l'on amène l'échantillon, la température peut être fixée à 10° près à une valeur quelconque comprise entre 1200 et 1500°. Un régime stable ayant été réalisé, l'échantillon (constituants purs mélangés intimement en proportions connues) est introduit dans la zone centrale du tube, au voisinage de la soudure d'un couple fréquemment étalonné; on suit également sa température avec un pyromètre optique. On détermine ainsi la température, pour laquelle la montre présente au bout de 5 minutes des signes nets de fusion superficielle; cette température dite de début de fusion est elle-même encadrée entre des températures de non-fusion et de fusion complète rapide.

Le tableau suivant donne les températures ainsi déterminées pour un certain nombre de mélanges, en fonction de leur composition en poids :

CaO %....	0	5	10	20	26	30	40	50	60	70
Fe^2O^3 %...	100	95	90	80	74	70	60	50	40	30
T.........	>1500°	1455	1290	1230	1220	1220	1245	1370	1430	>1500°

Si l'on prolonge suffisamment l'action de la température de début de fusion on obtient la fusion totale de l'échantillon. Ce résultat est attribuable à ce que, du fait de la dissociation de Fe^2O^3, il se forme une proportion de FeO, qui croît avec le temps et commence déjà à se produire dans le mélange solide. C'est ainsi que nous avons pu constater qu'on peut obtenir la fusion de l'échantillon à des températures nettement inférieures à celles qui ont été définies plus haut, à condition d'augmenter beaucoup la durée de chauffage (2 heures par exemple). L'abaissement de la température de début de fusion est en relation directe avec la teneur en FeO observée dans les produits résultants. Le tableau suivant donne, pour deux des mélanges étudiés, les températures de début de fusion en fonction des teneurs en FeO et des rapports $\frac{Fe^2O^3}{FeO}$ qu'on a fait varier en opérant, soit en atmosphère oxydante (*a*), soit dans l'atmosphère normale, à peu près neutre, du four (*b*), soit par chauffage prolongé (*c*) dans le four en fonctionnement :

Mélange initial............	CaO 30 % — Fe^2O^3 70 %.			CaO 50 % — Fe^2O^3 50 %		
	(*a*).	(*b*).	(*c*).	(*a*).	(*b*).	(*c*).
FeO % après fusion...	2,08	13,6	21,8	0,7	6,0	13,6
Fe^2O^3 : FeO...........	33	4,8	2,15	70	7	2,7
T.....................	1230°	1220°	1170°	1415°	1370°	1350°

Enfin nous avons constaté sur divers mélanges que nous avons fondus à la température la plus basse possible, par chauffage prolongé, que le

rapport Fe^2O^3 : FeO semble tendre vers des valeurs voisines de 2,22 qui correspondrait à Fe^3O^4. Nous nous proposons de voir si cette composition correspond, pour une teneur en chaux donnée, à un minimum de la température de fusion et si l'oxyde magnétique existe réellement dans les produits obtenus.

On peut conclure de ce qui précède que :

1° Les mélanges de chaux et de sesquioxyde de fer peuvent être facilement amenés à l'état liquide par chauffage rapide à des températures inférieures à 1500° lorsque la proportion de chaux reste comprise entre 5 et 60 pour 100. Le maximum de fusibilité est atteint pour les mélanges contenant 20 à 30 pour 100 de chaux, qui fondent aux environs de 1220°.

2° La fusion est accompagnée d'une décomposition partielle du sesquioxyde de fer, d'autant plus rapide que l'atmosphère est moins oxydante. Dans les conditions expérimentales de la présente étude, la dissociation paraît se poursuivre jusqu'à l'obtention de l'oxyde magnétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Anomalies de condensation et de cyclisation.* Note de MM. **R. Cornubert** et **Ch. Borrel**, transmise par M. Ch. Moureu.

I. Dans une précédente Note (¹) nous avons relaté les résultats obtenus dans la condensation de diverses α-méthyl-α'-alcoylcyclopentanones avec l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique, et nous avons indiqué que les différents rendements en combinaison tétrahydropyronique n'étaient pas rigoureusement comparables du fait d'un phénomène inattendu.

Ce dernier a été présenté par l'α-méthyl-α'-isopropylcyclopentanone. Des sept cyclopentanones étudiées, cette cétone isopropylée a été celle qui a manifesté la tendance de beaucoup la plus faible à la combinaison avec l'aldéhyde benzoïque, car, avec elle seule, il nous a été possible de retrouver une certaine quantité de cétone inaltérée. Mais le produit de condensation n'a pas seulement consisté en la combinaison tétrahydropyronique précédemment décrite, nous avons trouvé aussi une combinaison benzylidénique fondant à 61°,5. Ce résultat a été obtenu avec deux échantillons de cétone isopropylée préparés l'un par isopropylation de l'éther cétonique (I) et décarboxéthylation de ce dérivé isopropylé, l'autre par hydrogénation de l'α-

(¹) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 798.

méthyl-α'-isopropylidène-cyclopentanone :

$$
\text{(I)}\quad
\begin{array}{c}
CH^2\text{—}CH^2 \\
CH^2-CH\diagdown\quad\diagup CH-COOC^2H^5 \\
CO
\end{array}
\qquad
\text{(II)}\quad
\begin{array}{c}
CH^2\text{—}CH^2 \\
CH^2\diagdown\quad\diagup C\genfrac{<}{}{0pt}{}{CH^3}{C^3H^7} \\
CO
\end{array};
$$

dans les deux cas les phénomènes se sont présentés exactement de la même manière et pour les mêmes quantités. Théoriquement cette combinaison benzylidénique peut correspondre à cinq formules possibles; le point d'attache du reste benzaldéhydique peut être en ω (dans le CH^3), en ω' (dans le C^3H^7), en β ou β'; enfin cette combinaison benzylidénique peut être celle de la cétone (II). Les faits connus ne peuvent faire penser qu'à cette dernière, aussi des expériences se poursuivent-elles actuellement pour la reproduire. En admettant cette dernière constitution il y aurait transposition au cours de la condensation avec l'aldéhyde sous l'influence de l'acide chlorhydrique ou au cours du traitement ultérieur sous l'influence de la potasse, car la méthode de préparation du deuxième échantillon et l'identité des résultats obtenus dans les deux cas excluent toute idée de transposition au cours des préparations, à moins d'admettre un équilibre ([1]).

Ce résultat inattendu nous a fait rechercher une combinaison benzylidénique dans tous les autres cas, mais il ne nous a pas été possible d'en trouver; nous n'avons pour ainsi dire obtenu que des produits visqueux passant au point d'ébullition des combinaisons tétrahydropyroniques. A tous points de vue le groupe isopropyle prend donc une fois de plus une place à part.

II. Dans notre précédente Note nous avons indiqué que la comparaison entre l'activité du carbonyle des αα'-dialcoylcyclopentanones et celle de leurs atomes d'hydrogène en α et α' n'était *a priori* possible qu'entre formes cis et qu'entre formes trans. Si les substances engendrées par une αα'-dialcoylcyclopentanone et la benzaldéhyde sont effectivement des combinaisons tétrahydropyroniques, ce qui paraît de plus en plus vraisemblable, le noyau cyclopentanique, d'après nos idées actuelles, ne pouvant avoir qu'une représentation plane, l'isomère cis devrait aisément engendrer pareille combinaison tandis que l'isomère trans n'en devrait pas donner. Nous avons donc cherché à distinguer un couple d'isomères cis et trans par l'aldéhyde benzoïque.

Mettant à profit les résultats indiqués dans notre précédente Note, nous

---

([1]) On peut aussi songer à une extension du noyau en alcoylcyclohexanone (comparer SEMMLER, *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 238).

avons préparé l'acide α-méthyl-α'-benzyladipique et l'avons divisé par cristallisation fractionnée en deux isomères fondant respectivement à 133-135° et à 103-106°. Le premier, traité par l'anhydride acétique, nous a fourni, avec la plus grande facilité et avec un rendement quasi théorique, une α-méthyl-α'-benzylcyclopentanone. Le deuxième, traité de la même manière, a engendré en un temps beaucoup plus long, mais finalement avec un excellent rendement, une α-méthyl-α'-benzylcyclopentanone. Ces deux cétones, traitées par l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique, ont donné, avec un excellent rendement, la même tétrahydropyronique, F : 156°,5. Dans les conditions dans lesquelles nous avons travaillé, il y a donc eu transposition d'une cétone dans l'autre ou d'un acide dans l'autre, car Zelinsky (1) et Mohr (2) ont montré que les acides α-méthyl-α'-méthyladipiques sont transposables l'un dans l'autre et semblent conduire à un équilibre. Nos deux cétones conduisant également à froid à la même semicarbazone, F : 188-189°, nous en concluons que l'un des acides s'est converti en l'autre, ce qui est d'ailleurs en accord avec d'autres faits.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'anhydride phényloxymaléique.* Note de M. J. **Bougault** et Mlle Bl. **Leroy**, transmise par M. Charles Moureu.

Nous avons repris l'étude de l'anhydride phényloxymaléique (I)

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5.C = COH.CO & \qquad & C^6H^5.CH.CO.CO^2C^2H^5 \\ \quad | \qquad\qquad\quad | & & | \\ \quad CO \text{———} O & & CN \\ (I). & & (II). \end{array}$$

découvert par l'un de nous (3), par l'action de l'acide sulfurique sur l'éther éthylique de l'acide phénylpyruvique α-cyané (II), en opérant à la température du laboratoire.

En effectuant la même réaction à plus basse température, dans la glace fondante, nous avons obtenu simultanément deux composés : l'anhydride

(1) Zelinsky, *Ber.*, 24, 1891, p. 4002.
(2) Mohr, *Ber.*, 44, 1901, p. 807.
(3) J. Bougault, *Comptes rendus*, 162, 1916, p. 760.

cherché et un éther-amide (III)

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH.CO.CO^2C^2H^5 \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad CO.NH^2 \end{array}$$

(III).

déjà signalé par l'un de nous et obtenu par un procédé différent ([1]).

I. Comme il a été dit, dans la Note rappelée plus haut, l'anhydride phénylоxymaléique s'unit aux amines en donnant, avec les amines primaires et secondaires, des amides de la base avec l'acide phénylpyruvique, et avec les amines tertiaires, des sels de la base avec le même acide. Nous avons reconnu depuis que, dans tous les cas, aussi bien avec les amines primaires ou secondaires qu'avec les amines tertiaires, le premier stade de la réaction est toujours marqué par la formation d'un composé d'addition de l'anhydride avec la base. Nous avons préparé de tels composés d'addition avec toutes les bases très nombreuses que nous avons mises en œuvre.

Toutes ces combinaisons répondent à l'union d'une molécule d'anhydride pour une molécule de monoamine; les diamines fixent deux molécules d'anhydride. Elles sont toutes colorées en jaune et sont peu solubles dans l'éther, circonstance qui favorise leur préparation.

Sont-ce de simples combinaisons moléculaires? Cette interprétation est peu probable, étant donnée la grande différence entre les solubilités des deux composants et de la combinaison. Il y a lieu de penser plutôt à un véritable sel de l'amine avec l'anhydride pris sous sa forme énolique (I) et fonctionnant comme un acide faible.

Ce qui est certain, c'est que, dans ces combinaisons, l'anhydride s'y trouve non modifié, car on peut l'en retirer aisément. Il suffit, en effet, d'agiter l'une de ces combinaisons (caféine + anhydride phénylоxymaléique, par exemple) avec une solution diluée d'acide chlorhydrique et de l'éther. L'anhydride (acide faible), mis en liberté, passe dans l'éther et en est récupéré par évaporation du dissolvant.

II. Ces combinaisons d'anhydride avec les amines sont toutes cristallisées et ont un point de fusion bien défini, ce qui fournit une constante utile pour la caractérisation des bases, surtout précieuse lorsque l'amine est liquide et en très petite quantité.

([1]) J. Bougault, *Sur le processus de la saponification des nitriles et des éthers par l'acide sulfurique concentré* (*Journ. Pharm. et Chim.*, 7e série, **10**, 1914, p. 306).

Elles se préparent très aisément en profitant de leur insolubilité dans l'éther; par simple mélange de solutions éthérées de la base et de l'anhydride, la cristallisation est immédiate.

La plupart se conservent très bien; cependant les combinaisons formées par les bases volatiles (pyridine, quinoléine) perdent peu à peu leur base. et, renfermées dans un vase clos, finissent par se liquéfier. Cette altération n'est toutefois sensible qu'après plusieurs jours ou plusieurs semaines.

Les combinaisons issues des amines primaires et secondaires se décomposent par la chaleur, à sec ou en présence d'un dissolvant (dans ce dernier cas, parfois dès la température ordinaire), en dégageant CO^2 et donnant l'amide de l'acide phénylpyruvique correspondant à la base intéressée. Cet amide constitue un deuxième point de repère pour la caractérisation de l'amine. Enfin, on peut en obtenir un troisième par la formation de la semicarbazone de l'amide.

L'anhydride phényloxymaléique se présente donc comme un réactif précieux, et d'un emploi très simple, pour la caractérisation des amines (1).

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique antestéphanienne du Plateau central français à l'est de la Loire.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

Parmi les nappes cévenoles que j'ai définies dans des Notes antérieures, seule la plus haute, la nappe de Laval, s'étend jusqu'aux gneiss ou granites du Lyonnais. La terminaison en biseau, et le raccord progressif des nappes inférieures au nord du massif du Pilat qui ne traduit pas un véritable enracinement, semblent prouver du moins que leur origine est vers le Nord ou le Nord-Ouest. Les micaschistes de la nappe de Laval présentent dans leur ensemble une structure isoclinale accusée non seulement par les pendages, mais par la puissance de la nappe, supérieure à celle des trois nappes réunies, et par l'existence d'une surface de poussée à plongée Nord-Ouest que jalonnent des mylonites. D'autre part, le long d'une ligne qui va des terrains tertiaires du Forez jusqu'à ceux de la rive gauche du Rhône, les micaschistes plongent partout sous le Lyonnais avec une inclinaison souvent faible et l'on peut suivre près du contact une ou plusieurs zones d'écrasement. Il existe un rapport évident entre cette disposition et la structure propre de

(1) De plus amples détails seront donnés dans une publication de Mlle Bl. Leroy.

la nappe de Laval. La poussée du Lyonnais et la formation du synclinal couché de micaschistes ne sont donc pas des phénomènes accessoires postérieurs au charriage. *La nappe de Laval et ce synclinal couché sont une seule et même chose comparable en un certain sens au synclinal de flysch des Alpes occidentales.*

Malgré certaines transitions, les Cévennes et le Lyonnais constituent dans l'ensemble deux domaines distincts. Du côté cévenol, on observe soit dans l'Autochtone, soit dans les nappes, une puissante série de micaschistes et un granite profond qui se relie insensiblement au Cristallophyllien et n'atteint pas ses parties hautes. Du côté lyonnais, il y a passage assez brusque du Cristallin ou du Cristallophyllien, largement cristallisé, à des termes faiblement métamorphiques. Le granite, souvent porphyroïde, y présente un caractère intrusif et atteint les terrains les moins métamorphiques. Au point de vue structural, du côté cévenol, ce sont des terrains plissés largement ou d'allure onduleuse, qui constituent un *système de nappes.* Du côté lyonnais, ce sont des strates redressées, où la disposition isoclinale à plongée Nord-Ouest m'a paru à peu près constante. Les massifs granitiques de Chassagny et de Soucieu sont eux-mêmes nettement déversés sur le Cristallophyllien, et parfois écrasés à leur bordure sud-est. *Le pays lyonnais apparaît ainsi comme un pays de racines où se sont produits en divers points des décollements et des glissements et qui a été aussi entraîné dans un mouvement d'ensemble sur les nappes cévenoles.* La discordance du Stéphanien faiblement incliné sur les schistes verticaux de la Brévenne à la bordure ouest du bassin de Sainte Foy-l'Argentière montre d'ailleurs que les plis aigus du Lyonnais sont antéstéphaniens comme les nappes cévenoles. Ils sont aussi comme elles postgranitiques et de ce fait semblent bien appartenir à une même phase tectonique probablement viséenne ou postviséenne.

Durant cette phase qui est la principale phase hercynienne dans le Plateau central français, c'est une même poussée dirigée du Nord-Ouest au Sud-Est qui a, dans le domaine lyonnais, plissé à plis aigus le Cristallophyllien et déversé le Cristallin sur le Cristallophyllien, et qui a d'autre part provoqué un mouvement d'ensemble des éléments lyonnais vers le Sud-Est et donné ainsi naissance à la nappe de Laval et aux trois nappes cévenoles inférieures. *L'origine de la nappe de Laval, qui s'enracine en apparence à la limite des deux domaines, doit être placée en fait au nord de cette limite sous les gneiss et granites lyonnais. Le granite de la Gampille, qui occupe au-dessus de la nappe de Laval une position tectonique identique à celle des éléments lyonnais, est sans doute un fragment du Lyonnais charrié sur la*

plus haute des nappes cévenoles. L'affinité de ce granite avec les granites porphyroïdes lyonnais apporte d'ailleurs une présomption sérieuse en faveur d'une telle origine et confirme ainsi l'interprétation générale.

La synthèse des Cévennes et du Lyonnais et, pour la région située plus au Nord, les données antérieures et quelques observations nouvelles, permettent d'envisager dans son ensemble la tectonique anstéstéphanienne du Plateau central français à l'est de la Loire. Sous la réserve des modifications que pourrait imposer une étude complète de la zone septentrionale, on distingue, dans les terrains cristallins et paléozoïques qui s'étendent depuis le Morvan jusqu'aux montagnes de l'Ardèche, trois grandes zones tectoniques :

1° *La zone morvano-roannaise* où les terrains paléozoïques antéstéphaniens, partiellement métamorphisés, et le granite qui les traverse, ont été ployés en plis larges, habituellement symétriques;

2° *La zone lyonnaise*, caractérisée par la transformation complète du Paléozoïque antéstéphanien, par le passage brusque des schistes faiblement métamorphiques aux gneiss largement cristallisés, enfin par des plis aigus, habituellement isoclinaux, déversés vers le Sud-Est;

3° *La zone cévenole*, caractérisée par un métamorphisme encore plus complet et plus régulier et par le passage insensible du granite au Cristallophyllien, enfin par la formation d'un système de nappes qui ont cheminé du Nord-Ouest au Sud-Est.

Dans la région de Tarare, où les mylonites viséennes ont été signalées par M. Alb. Michel-Lévy, je vois non pas des lambeaux de nappes charriées sur le Cristallophyllien, mais des écailles imbriquées à plongée Nord-Ouest qui accusent *une poussée de la zone morvano-roannaise vers le Sud-Est. Celle-ci semble jouer par rapport au Lyonnais le rôle d'arrière-pays ou encore de traîneau écraseur. Le Lyonnais est au contraire dans son ensemble un pays de racines d'où est partie vers le Sud-Est au moins une nappe, celle de la Gampille. Mais ce pays de racines a subi aussi un mouvement d'ensemble et a par sa poussée donné naissance à des plis couchés, dont les éléments se sont décollés, ont glissé les uns sur les autres et sur un substratum autochtone et constituent les nappes cévenoles.* Au contraire, au delà du Morvan, dans le géosynclinal ardennais et rhénan, où le métamorphisme régional n'a pas joué, la poussée s'est exercée vers le Nord-Ouest dans la direction de l'avant-pays septentrional. *Ainsi apparaît, pour la chaîne hercynienne d'Europe occidentale, une idée toute nouvelle, celle de poussées inverses de part et d'autre de la zone morvano-roannaise qui serait le géanticlinal médian d'une chaîne doublement déversée.*

OCÉANOGRAPHIE. — *Observations sur les dépôts littoraux.* Note de M. **René Bréon.**

Dans une Note déjà ancienne sur les sables des plages de la Somme et du Pas de Calais [1], j'ai établi que leur origine devait être recherchée dans la désagrégation et le broyage des roches cristallines et cristallophylliennes, constituant, en majeure partie, le littoral armoricain, les îles normandes et le pays de Galles anglais. Les courants marins et aériens entraînent ces sables vers le Nord où ils recouvrent les côtes de masses considérables. Je m'étais borné à en faire l'étude aux environs de Berck et de Boulogne; on a reconnu depuis que les plages de la Belgique et de la Hollande étaient aussi formées par des sables d'origine armoricaine.

Mais les sables ne sont pas seuls à avoir subi des effets de transport. En certains points des côtes crayeuses de la Somme on est surpris de rencontrer des galets provenant de fragments de roches tout à fait inconnues dans la région. Ils forment à l'entrée de la baie de l'Authie, à côté du poste de douaniers de la Rochelle, un amas à la limite des plus hautes marées. De même que les sables, ils ont été fournis par des roches cristallines très variées (gneiss, granite, granulite, diorite, serpentine, etc.), dont il faut aller chercher les gisements en place dans le Sud-Ouest, à 250 ou 300^{km}, en Bretagne ou dans le sud de l'Angleterre.

Si les courants marins et le travail du vent suffisent à expliquer d'une façon acceptable le transport des sables tenus en suspension dans l'eau de mer ou dans l'air, il ne saurait en être de même pour les galets. On ne peut admettre qu'ils aient flotté pendant 250 à 300^{km} sans avoir été soutenus et portés par un corps flottant quelconque.

C'est en parcourant souvent les abords de ce poste de la Rochelle que j'ai recueilli un échantillon, malheureusement unique, dont l'examen semble éclairer la question et mettre sur la voie suivie par ces galets pour accomplir ce long voyage du rivage breton à Berck.

Fragment de granulite d'environ 200^{g}, il portait, solidement fixées à sa surface, de fortes racines aboutissant à un morceau de tige spongieuse, épaisse, de la grosseur du doigt et de 10 à 12^{cm} de longueur. Ces restes ont suffi pour déterminer la plante marine qui les avait fournis : c'est le *Fucus saccharinus*, espèce de Laminaire très commune sur les côtes bretonnes et

[1] *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 759.

normandes. Composée de puissantes racines et d'une courte tige, à laquelle se relient de longues feuilles rubanées atteignant près de 2^{m} de longueur, sur 6 à 8^{cm} de large. Elles viennent s'échouer en abondance sur les plages, à la suite des grandes marées.

Dès lors, il est permis de concevoir qu'une pierre, pas trop pesante, reliée à une algue de cette espèce, est susceptible de constituer un ensemble qui pourra flotter dans l'eau de mer, si la relation entre le poids de la pierre et la densité de la substance de la plante satisfait à certaines conditions. Je me suis assuré expérimentalement qu'un fragment de granulite, pesant 25^{g}, est maintenu flottant par 50^{g} d'algues à lui attachées.

Les rochers des côtes bretonnes sont très fissurés par d'innombrables fractures qui les divisent en fragments de toutes dimensions. Presque partout, la végétation marine les habille et maintient, pendant un certain temps, réunis les uns contre les autres, les matériaux dissociés par les fractures naturelles. Mais, tôt ou tard, sous le choc répété des flots, ils finissent par s'écrouler, entraînant les plantes qui ont pris racine à leur surface. Si pour quelques fragments résultant de la démolition, les conditions de flottabilité sont réalisées, ils flottent, sinon ils tombent au fond où ils demeurent. Dans le premier cas, ballottés par les vagues, ils ont la chance de rencontrer des courants, qui les emmènent atterrir à une distance plus ou moins longue, suivant une direction déterminée.

J'ai attendu longtemps avant de signaler ces faits, espérant que d'autres observateurs auraient l'occasion de recueillir des galets similaires. A ma connaissance, cela ne s'est pas produit et la question n'a pas fait un pas dans le sens de la solution.

C'est du reste assez facilement explicable, car, d'une part, ces échantillons doivent être assez rares; d'autre part, les personnes qui parcourent les bords de la mer ne sont pas averties; une pierre enchâssée dans un lacis de plantes marines passera inaperçue.

C'est pourquoi j'ai pensé que pour contribuer à l'étude des causes actuelles, il est intéressant de signaler l'existence de ce curieux échantillon, sur lequel peut s'appuyer une hypothèse plausible expliquant un mode de formation de ces dépôts littoraux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'électrisation de vents chargés de neige.* Note de M. A. **Vincent**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai observé à Shannavon (Canada) des phénomènes électriques intenses dans les circonstances suivantes. Par ciel pur, un vent violent a soulevé une neige d'une finesse extrême qui couvrait le sol. Une petite antenne en fil de cuivre torsadé tendue à 4 ou 5^m au-dessus du sol se trouvait soumise à ce bombardement neigeux. Cette antenne a été dans ces conditions électrisée si fortement que des étincelles jaillissaient entre le fil d'antenne et le plot de terre quand on approchait celui-ci; on a obtenu ainsi des séries d'étincelles dont certaines de $0^{cm},5$ de longueur. Le même fait a été observé sur plusieurs autres antennes. Si le poste était mis en fonctionnement, on entendait un crépitement dont les variations semblaient reproduire le rythme du vent et par conséquent du bombardement neigeux.

La neige étant primitivement sur le sol (il n'y a pas eu de chute de neige à ce moment), l'électrisation s'est produite du fait du soulèvement de la neige par le vent, et l'on peut supposer qu'elle est due au frottement [1].

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesure du facteur d'absorption de la surface de quelques glaciers pyrénéens pour les radiations solaires.* Note [2] de M. **Joseph Devaux**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les échanges d'énergie sous forme de radiations jouent un rôle fondamental dans l'économie des glaciers. L'étude complète de cette question est assez compliquée. C'est pourquoi j'ai simplement tenté de mesurer le facteur d'absorption de la surface de quelques glaciers pour les radiations solaires. J'ai fait, dans ce but, un grand nombre de mesures actinométriques; mais je me contente de fournir ici les résultats des mesures photométriques.

Appareil. — Pour connaître le facteur d'absorption j'ai mesuré le facteur total de réflexion.

---

[1] Cette observation est à rapprocher de celles rapportées par H. Pollet, *Sur l'électricité atmosphérique au cours des vents de poussière du nord de la Chine* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 407).

[2] Séance du 18 mars 1929.

J'ai construit dans ce but un photomètre qui permet de comparer la brillance superficielle d'un glacier à la brillance, par transmission normale, d'une lame de verre opale connue, éclairée par le ciel, et parallèle à la surface du glacier. La gradation du flux est obtenue à l'acide d'un coin neutre de Jobin et Yvon. Un prisme à réflexion totale mobile permet de viser différents points du glacier.

Résultats. — Dans les circonstances où j'ai fait les mesures photométriques, les glaciers avaient presque toujours une *surface mate*. J'ai constaté que ces surfaces obéissaient sensiblement à la *loi de Lambert*. En lumière théoriquement monochromatique, une seule mesure me permettait donc de connaître l'albedo, et, par suite, le facteur d'absorption. Pour comparer entre eux les résultats obtenus pour divers glaciers, je crois même qu'on peut admettre que ces surfaces étaient *orthotropes*.

Voici quelques-uns des nombres obtenus sur des glaciers des Pyrénées :

		Facteur d'absorption A.		
	Date : 1928.	Sans filtre.	Filtre vert Wratten 58 B.	Filtre rouge Wratten 25 A.
Glaciers.				
Glacier de la Brèche de Roland (surface très altérée).......	4 août	–	0,60	0,65
Glacier nord du Taillon (surface très altérée)...............	5 août	0,56	0,56	0,60
Surface de glace au sommet du Marboré....................	7 août	0,60	0,63	0,68
Glacier nord du Marboré; affleurement à la base centrale (surface très peu altérée).......	10 août	–	0,72	0,77
Glacier d'Ossone (massif du Vignemale), vers la base......	2 sept.	0,49	0,47	0,56
Névés.				
Névé recouvrant le glacier nord du Taillon.................	5 août	0,43	0,45	0,45
Névé supérieur est du glacier nord du Marboré...........	9 août	0,48	0,47	0,54
Névé du Cirque supérieur du glacier d'Ossone ; moyenne...	1er sept.	0,57	–	–
Premier plateau du glacier d'Ossone : affleurement de glace recouvert d'environ 3cm de neige et de grêle...........	30 août à 10h	0,40	0,39	0,51

L'ensemble des résultats montre que :

1° J'ai obtenu presque les mêmes nombres, lorsque j'utilisais le filtre vert jaune, et lorsque je n'employais pas de filtre. Cela est probablement dû au fait que le minimum de densité du filtre, en fonction de la longueur d'onde, est voisin du maximum de sensibilité de l'œil.

Les nombres obtenus avec le filtre rouge sont un peu supérieurs aux nombres obtenus avec le filtre vert. Le phénomène n'est cependant pas très sélectif; ces surfaces donnent l'impression d'un bleu vert très lavé.

2° Le facteur d'absorption ne semble guère dépendre directement de l'altitude, de la densité de la glace à une certaine profondeur (je l'ai mesurée), ni de sa structure : dimension, nombre et forme des bulles, etc. (j'ai pris des photographies d'échantillons). Par contre, je pense qu'il varie d'une manière importante avec diverses circonstances météorologiques. Mais, comme j'ai opéré, en général, dans des circonstances météorologiques analogues, j'ai obtenu des nombres voisins pour les différents glaciers dont la surface était propre.

3° Pour la surface des névés, les nombres obtenus pour le facteur d'absorption sont, en moyenne, peu inférieurs à ceux que j'ai obtenus pour les glaciers. Mais les surfaces de ces névés ne sont jamais tout à fait propres : elles contiennent des poussières, que ne peuvent enlever les fortes pluies orageuses (corps poreux). Au contraire, la pluie peut nettoyer la surface des glaciers imperméable par ruissellement.

4° Les mesures du 30 août m'ont montré qu'une couche de grêle et de neige (environ 3^{cm}) recouvrant un glacier, diminue son facteur d'absorption. J'ai suivi l'évolution du phénomène pendant toutes les journées du 30 au 31 août : A croissait peu à peu, à mesure que la neige et la grêle fondaient.

Conclusion. — Si les glaciers étaient constitués de glace pure, non diffusante, limités par une surface plane, ils absorberaient environ 98 pour 100 des radiations solaires (le facteur de réflexion régulière est voisin de 0,02). La masse des glaciers que j'ai étudiés est, en fait, très bulleuse, et, par suite, leurs surfaces, à échelle globale, doivent être dans tous les cas diffusantes. Cependant les valeurs relativement faibles du facteur d'absorption doivent être attribuées, *avant tout*, à *l'altération* très importante de la surface de ces glaciers.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Les conditions écologiques d'existence de la faune de la mer de Kara.* Note (¹) de M. I. D. **Streinikov**, présentée par M. F. Mesnil.

L'étude de la faune de la mer de Kara a été effectuée par nous sur le brise-glaces *Taymyr* en 1921. L'étude du matériel récolté est actuellement terminée et une partie des résultats a été publiée en langue russe. Grâce au temps et à l'état particulièrement favorable des glaces, notre expédition a pu faire une série de coupes hydrobiologiques :

1° De l'anse Tcherny, dans la partie sud-ouest de la Nouvelle-Zemble, vers le Sud-Est, dans la direction de l'île Vaïgatch. Cette coupe passe devant l'entrée de la mer de Kara;

2° Du détroit de Yougor à Maré-Salé, dans la presqu'île Iamal;

3° Du détroit de Yougor à la baie Whitney, dans le nord-est de la Nouvelle-Zemble, à 76° 13′ N;

4° De la baie Whitney vers l'Est jusqu'à 76° 20′ E.

Les matériaux récoltés par nous permettent de déterminer les facteurs écologiques qui agissent sur la composition et la distribution de la population animale marine.

1. Les creux profonds de la mer de Kara contiennent de l'eau froide, à température au-dessous de −1°,5 à −1°,76 et d'une salinité allant de 34,5 à 34,76 pour 1000. Dans la partie sud de la mer de Kara, grâce au léger échauffement produit en été par le soleil qui ne se couche pas et à l'apport des eaux de la mer de Barents qui passent à une profondeur de 25^m, on trouve partout des températures au-dessus de 0. Au nord de 72° 30′ N, la température à 25^m de profondeur est partout, sauf dans les régions du courant chaud, inférieure à 0.

2. Les eaux de la branche du Gulfstream passant à Kolgouïeff (Nouvelle-Zemble) pénètrent dans la mer de Kara par le détroit de Yougor et le détroit de Kara; elles élèvent la température de l'eau et lui donnent une teinte verdâtre qui la différencie des eaux vert brunâtre du reste de la mer de Kara.

3. Notre expédition a constaté que les eaux atlantiques du Gulfstream, qui contournent au Nord le cap du Désir, forment un étroit courant qui longe la côte orientale de la Nouvelle-Zemble. Ici, on rencontre des tempé-

(¹) Séance du 18 mars 1929.

ratures au-dessus de zéro depuis la surface jusqu'à une profondeur de 75^m. A 50^m de profondeur la température de l'eau est de $+2°,14$, tandis que dans la partie sud de la mer de Kara (coupe n° 2) la température de l'eau, à 25^m de profondeur, oscille entre $-1°,11$ et $-1°,64$. La salinité de ce petit courant chaud est de 32,72 pour 1000 (76°13′ N et 69°02 E), tandis que plus à l'Est la salinité est de 19,5 pour 1000, la température étant de 0°,5 à la surface.

4. Les eaux douces de l'Obi et de l'Ienissei, qui se déversent en grandes quantités dans la mer de Kara, se répandent à sa surface, dessalent les couches superficielles jusqu'à une épaisseur de 20^m et apportent une grande quantité de matières organiques, produits de décomposition des végétaux. La salinité minima est ici de 10,4 pour 1000 (à 73°58′ N et 65°5′ E); sur une étendue considérable de la surface marine, la salinité est de 13,3 pour 1000. Aux mêmes points, au fond la salinité est de 34,49 pour 1000.

5. La végétation est influencée par les conditions de l'éclairement. La surface de la mer de Kara est couverte par les glaces dont la formation commence au début d'octobre. La partie méridionale de la mer, le détroit de Yougor et l'anse de Baïdarata gèlent entièrement. Le reste de la surface marine est plus ou moins couvert de glaces flottantes. Au commencement d'août la mer est débarrassée des glaces et la navigation devient possible. Mais pendant tout l'été les champs de glaces flottantes la rendent très dangereuse.

6. La lumière provenant du soleil, qui ne se couche pas pendant les mois d'été, pénètre à travers la glace et permet aux algues de vivre. Mais la quantité insuffisante de cette lumière, un été court, frais et gris, avec d'épais brouillards, de la pluie et de la neige, la basse température de l'eau et la courte durée de la période de végétation, rendent précaire le développement de ces algues, surtout des algues vertes. Les algues brunes se développent en quantité plus grande dans la zone sublittorale. Ce sont les algues rouges qui sont les plus abondamment représentées. Nous avons récolté 52 espèces d'algues : vert bleu, 1; vertes, 5; brunes, 22; rouges, 24. En tout, avec ce qui a été récolté par les expéditions de la *Wega* de Nordenskja (32 espèces) et de la *Dijmphana* (21 espèces), cela porte à 75 le nombre d'espèces trouvées dans la mer de Kara (sans compter les détroits) : vert bleu, 1; vertes, 11; brunes, 19; rouges, 44. Les algues à coloration foncée dominent; les algues rouges se rencontrent dans la zone littorale, et surtout dans la zone sublittorale.

7. Les conditions écologiques particulières provoquent un déplacement des zones de distribution des algues et des animaux. Dans la zone littorale ni algues ni animaux ne peuvent vivre. Les glaces, immobiles et flottantes, polissent le fond et arrachent les algues et les animaux. Les algues vertes et brunes s'éloignent davantage du littoral; les rouges remontent, au contraire. La zone sublittorale est, par le nombre d'espèces qui la peuplent, la plus riche et la plus variée. Les algues de la mer de Kara sont moins exubérantes et de taille plus petite que les mêmes espèces dans la mer de Barentz, telles que la *Laminaria*, l'*Ectocarpus*, etc.

8. La distribution et la fixation des algues dépend aussi de la nature du fond. Celui de la mer de Kara est surtout vaseux et rocheux; les endroits à fond vaseux ou vaseux et sablonneux sont rares. Sur les fonds rocheux poussent de préférence : *Phymatholiton compactum*, *Corallina officinalis*, *Laminaria digitata*, *L. saccharina*, etc. Sur d'autres fonds on rencontre en abondance : *Phyllophora interrupta*, *Ptilola pectinata*, *P. plumosa*, *Odonthalia dentata*, *Sarcophyllis arctica*, *Demarestia*, etc. Dans les localités protégées par des îles contre les glaces passant par les détroits resserrés de Kara et de Yougor, les algues vivent en abondance, ce qui crée en même temps des conditions plus favorables au développement d'une population animale.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La pourriture de l'inflorescence du Palmier-dattier* (*Khamedj*). Note de M. C. **Chabrolin**, présentée par M. L. Mangin.

En 1925, Cavara a écrit sous le nom de *Mauginiella Scættæ* (nouveau genre et nouvelles espèce), d'après des échantillons originaires de Cyrénaïque, un Hyphomycète parasite de l'inflorescence de Palmiers-dattiers mâles dont il provoque la pourriture (*C. R. d. R. Acc. Naz. dei Lincei*, 1925, p. 65). Nous avons retrouvé la même maladie, qui affecte à la fois des inflorescences mâles et les inflorescences femelles, sur les Palmiers-dattiers des oasis du Djérid (Sud-Tunisien) et sur ceux utilisés comme arbre d'ornement dans la région de Tunis. Nous avons ainsi pu établir son identité avec les affections décrites sous les noms de Khamedj (Trabut, *Comptes rendus*, 1912, p. 304, Osval) et de doud ou doudah (Foex et Vayssière, Surcouf, Balachowsky) dont la cause était restée indéterminée ou avait été à tort attribuée au parasitisme de différents insectes et nous avons pu montrer ainsi que cette maladie existe à l'heure actuelle à l'état endémique dans tout le nord de l'Afrique, de la Cyrénaïque au Maroc.

Le *Khamedj* (pourriture) est une maladie parasitaire dont *Mauginiella Scættæ* Cav. est l'agent. Nos observations confirment les conclusions de

Cavara relatives au parasitisme de ce champignon. Elles établissent que le *Khamedj* est indépendant de la redoutable maladie du *baioudh*.

L'infection est d'origine externe. Elle se produit en dehors de toute blessure, à travers la spathe intacte, lorsque cette dernière est encore entièrement fermée et cachée entre les gaines des feuilles.

Les tissus atteints brunissent, la tache qui en résulte finit par intéresser la plus grande partie du spadice qui, le plus souvent, n'arrive plus à se dégager de sa gaine. Tout régime atteint est pratiquement perdu en entier.

Le mycélium du parasite se développe, soit dans les tissus, soit dans les interstices ménagés entre les éléments constituants de la jeune inflorescence. Le mycélium externe, abondant, forme dans ces interstices un feutrage blanc. Le mycélium interne, uniquement intercellulaire au début, se développe dans les tissus vivants. Sa progression n'est pas liée à une altération préalable des cellules. Il se développe de préférence dans les tissus parenchymateux et n'envahit que tardivement les faisceaux libéroligneux.

Mauginiella Scœttæ a été obtenu en culture pure sur des milieux divers (pomme de terre, carotte, bouillon gélosé ou fragments crus d'inflorescence ou de bourgeon terminal de Palmier-dattier).

Dans la nature, comme en culture, le champignon ne donne que des fructifications conidiennes. L'étude systématique de ces fructifications nous a conduit à conserver le genre *Mauginiella* créé par Cavara, dont l'affinité aux genres *Septocylindrium* Bonord. et *Geotrichum* Link est pourtant à signaler. La diagnose du genre et surtout celle de l'espèce type de ce genre données par Cavara méritent seulement d'être modifiées pour tenir compte de nos observations. Ces diagnoses sont alors les suivantes :

Mauginiella (Cav.). — Mycélium interne et externe; conidies nées directement sur le mycélium, sans conidiophores différenciés, en chaînes cylindriques, sans étranglement aux cloisons, se désarticulant en articles uni-ou pluricellulaires. Champignons parasites.

Mauginiella Scœttæ (Cav.). — Efflorescences blanches, duveteuses puis pulvérulentes, sur des taches rousses puis noirâtres, diffuses; mycélium interne d'abord intercellulaire; mycélium externe abondant, qui disparaît après la formation des conidies; chaînes de conidies dressées, directement insérées sur le mycélium externe ou interne, sans conidiophores différenciées, régulièrement cylindriques, non sensiblement élargies au sommet, sans étranglement marqué aux cloisons, se désarticulant en conidies uni-, bi-, tri-, plus rarement pluricellulaires, de 10 à 90^{μ} de long, de 5 à 12^{μ} de large. Les conidies pluricellulaires peuvent se subdiviser en leurs éléments constituants.

Habitat. — Parasite sur les inflorescences mâles et femelles de *Phœnix dactilifera* L. Cyrénaïque, Tunisie, Algérie, Maroc.

Cette maladie est spéciale au Palmier-dattier. Les inflorescences de *Phœnix Canariensis* ne sont pas attaquées.

Le *Khamedj* a une certaine importance pratique. Il détruit fréquemment toute la récolte des Palmiers qu'il attaque. Ses dégâts sont souvent de l'ordre de 5 pour 100. Ils peuvent exceptionnellement atteindre le chiffre de 10 pour 100. Les différents auteurs qui se sont occupés de cette maladie décrivent les procédés de lutte utilisés par les indigènes. Ces traitements se ramènent en fait à des mesures d'hygiène et à des traitements de désinfection. Le lieutenant Billoudet nous a signalé l'efficacité des bouillies sulfo-calciques en traitement préventif. Nous concluons d'un certain nombre d'essais que le traitement qui mérite d'être vulgarisé, à cause de sa simplicité qui le rend utilisable par les indigènes, consiste en un saupoudrage de la région du bourgeon terminal des Palmiers-dattiers qui ont porté des inflorescences malades, avec un mélange de sulfate de cuivre pulvérulent (25 pour 100) et de chaux éteinte (75 pour 100).

PHYSIOLOGIE. — *Sexe et nutrition*. Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

La sexualisation du protoplasma de l'œuf a fait naître de nombreuses hypothèses, les unes plus fragiles que les autres. Il en subsiste une seule que l'expérience vérifie chaque jour, et qui rattache le sexe à l'énergie nutritive de l'ovule. *Le sexe mâle implique en celui-ci une nutrition intense*. Et lorsque Maupas constate l'apparition de 97 pour 100 de mâles en maintenant à 27° des œufs de rotifère (*Hydatina senta*), contre 5 pour 100 à 14°, il prouve que la chaleur favorise le métabolisme, comme on le pouvait prévoir.

Mes recherches (*Comptes rendus* de 1924 à 1927) ont mis, d'autre part, en évidence le rôle de *l'hydratation cytoplasmique* dans l'accroissement de ce métabolisme et le déterminisme du sexe mâle. Et l'on sait, maintenant, que si les gros œufs d'oiseaux engendrent des mâles (Lienhart), cela tient à leur plus grande richesse en eau ou albumine, laquelle est plus dense que le jaune; de tels œufs, en effet, sont plus denses que les femelles.

La marche de la vie étant une coagulation lente du colloïde cellulaire, nous avions conclu ainsi : « Seule importe l'hydratation du milieu, qui est propre à une élaboration énergique de l'embryon; et à cause de la coagulation

retardée, du travail intérieur hâté par la chaleur, le sexe mâle se trouve lié à la vitalité de l'ovule » ([1]).

C'est ce que Riddle est venu vérifier, quatre ans plus tard, en étudiant le métabolisme des œufs de pigeons. « Il demeure certain que la nutrition ou l'intensité des oxydations est le facteur dominant du déterminisme sexuel. Facteur physiologique, il totalise les influences chimiques et physiques : température et humidité principalement » (Amar, *loc. cit.*, p. 177).

L'importance de ce fait, sur lequel on n'insistera jamais assez, s'accroît par les observations multiples de Joyet-Lavergne sur le pouvoir oxydant supérieur du cytoplasma mâle; à la suite de quoi, il se demande : « La différence de métabolisme en faveur du sexe mâle présente-t-elle un caractère général, et quelle en est l'importance? » ([2]).

L'intérêt purement scientifique de cette question ne peut échapper à personne. Il nous paraît d'ailleurs établi par les belles recherches d'Helen King qui, en *déshydratant* des ovules de crapaude, obtient des produits uniquement femelles. La perte d'eau ovulaire a donc retardé la nutrition.

Mais il y a également en jeu un intérêt supérieur d'hygiène sociale que nous voulons préciser : c'est que *toute cause, alimentaire, industrielle ou accidentelle, capable d'affaiblir le phénomène nutritif de l'ovule, nuit à la descendance mâle.*

Riddle, en 1928, le remarque à propos de l'action d'une atmosphère pauvre en oxygène. Il en est ainsi quand l'organisme de la mère s'anémie par hémorragies fréquentes, ou se trouve surmené, asphyxié. Notons que les éleveurs saignent la vache pour avoir une génisse; vieille pratique dont on a l'explication dans les vues précédentes. L'empoisonnement par *gaz carbonique* ou travail mal conditionné abaisse non moins le métabolisme, et augmente le taux des naissances féminines. De même *l'alcoolisme*, et, en général, on peut dire que *le mode alimentaire influence le sexe.* On connaît, à cet égard, les études de Houssay, Pézard, A. Pictet; nous ajouterons que *les aliments hydrocarbonés favorisent les naissances mâles*, d'après notre statistique sur populations italiennes et arabes (mission de 1907 à 1909); et en Grèce, comme en Italie, où l'on consomme pâtes, riz, féculents, il y a excès de garçons. Ce genre d'alimentation diminue la quantité de toxines et

---

([1]) Jules Amar, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 803, et tout le Chapitre IV de notre *Hygiène sociale*, p. 173 à 183 (chez Dunod, 1927).

([2]) Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 820.

d'acides que les viandes, au contraire, accumulent dans nos cellules, et il active la croissance.

La nutrition est donc, en hygiène sociale, un problème essentiel; déterminant le sexe, il s'ensuit que ce dernier n'est point, ainsi qu'on l'avait cru, préformé.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Les principaux caractères des mouvements oculaires.* Note de M. **Serge Yourievitch**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai enregistré avec le Cinégraphe oculaire [1] plus de 20000 mouvements de l'œil en faisant suivre à une dizaine de sujets, tantôt normalement, tantôt avec une vitesse maxima, des lignes droites, des paraboles, hyperboles, des lignes brisées à angles différents, des ellipses, des circonférences, des lignes parallèles, des surfaces, etc.

Cette étude fait ressortir deux ordres de phénomènes d'égale importance réalisant un complexus énergétique : 1° les arrêts et 2° les mouvements.

1° *Les arrêts.* — L'œil suivant une ligne, et obligé de changer de direction à cause d'un angle ou d'une courbe prononcée marque un temps d'arrêt variant de 0,2 à 2 secondes, qu'un effort volontaire peut seulement diminuer. Ces arrêts obligatoires comprennent le temps de réaction combiné avec les inerties des muscles oculaires. Ces arrêts sont des périodes d'un travail psychophysiologique qui peut être mesuré et paraît être proportionnel à sa durée. Il s'ensuit que l'angle visuel parcouru le plus rapidement implique un mouvement oculaire du moindre effort.

2° *Les mouvements* sont de deux sortes : rapides, variant de 0,02 à 0,06 seconde, et lents, variant de 0,1 à 0,2 seconde. Les sujets examinés ont présenté deux types caractérisés; chez les uns des angles visuels de 25 à 60 grades sont parcourus généralement en un mouvement, chez les autres, par des petits mouvements rapides entrecoupés de courts arrêts.

Les arrêts et les mouvements sont les deux éléments d'une constante énergétique. Pour un même travail, si les mouvements sont rapides, les arrêts sont longs, et vice versa. En parcourant une ligne avec un maximum de vitesse, si l'effort volontaire abrège les arrêts, les mouvements, par contre, deviennent plus lents, et les valeurs des arrêts peuvent être renversées.

---

[1] Voir *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 844 et 1160.

Le caractère des mouvements et des arrêts diffère selon les déplacements horizontaux ou verticaux de l'œil.

Dans les mouvements verticaux les arrêts, dans la station debout, sont toujours plus courts en haut de la course, et plus longs au bas de la course de l'œil, jusqu'à une moyenne de 50 pour 100 pour certains sujets; ce phénomène constant dans la station debout s'atténue et parfois disparaît dans la position couchée, contre-expérience suggérée par M. d'Arsonval. Il est à remarquer que, dans la station debout, la position normale de l'œil est un regard dirigé vers le bas à 4^m environ.

Les mouvements oculaires dans les translations verticales, les mouvements d'élévation, sont nets, indiquent un effort et sont ordinairement plus longs que les mouvements de descente, d'un caractère plus indifférent.

Le plus grand effort du mouvement d'élévation combiné au court arrêt du haut, le mouvement indifférent de descente et le long arrêt en bas, paraissent expliquer le mécanisme des mouvements verticaux, comparable à l'élévation d'un bras. Dans l'élévation le muscle oculaire paraît vaincre une inertie de poids; en fin de course le muscle paraît se relâcher et l'œil paraît retomber en reprenant sa position normale. L'arrêt d'en haut ressemble à un réflexe tandis que l'arrêt du bas implique toujours un effort volontaire. Les mouvements d'élévation sont accompagnés de relèvements des paupières et de déplacement de nombreux téguments. Aussi sont-ils toujours des mouvements du plus grand effort.

Dans les mouvements horizontaux les arrêts de renversement de direction à droite et à gauche ont une durée semblable, les mouvements sont rapides et équivalents pour les deux directions. L'œil paraît exécuter de simples mouvements de rotation déplaçant l'œil à droite et à gauche d'une position normale qui est celle du regard dirigé droit devant. Dans ces mouvements, le globe oculaire se déplace seul. Aussi les mouvements latéraux sont ceux d'un effort faible et indifférent déterminant leur valeur psychique. Les *lignes obliques* possèdent des caractères intermédiaires.

Les mouvements de la tête également enregistrés par moi accentuent les caractères des mouvements oculaires. Les mouvements verticaux déplaçant le centre de gravité de la tête sont lents, d'une moyenne de 0,3 seconde pour un angle de 60 grades et servent à placer la tête dans la position voulue. Ils sont indépendants des mouvements visuels dont le régime est beaucoup plus rapide. Les mouvements horizontaux de la tête, de simple rotation, sont trois fois plus rapides, se rapprochant du rythme visuel et, quoique indépendants, secondent souvent les mouvements visuels latéraux.

La durée des arrêts est en relation avec la grandeur de l'angle du changement de direction. Les arrêts les plus longs s'observent au renversement total, l'œil reprenant au sens inverse sa course. Ces arrêts, varient de 0,60 à 1,25 seconde, les plus courts étant ceux du haut, les plus longs ceux du bas. Chez certains sujets, les arrêts sont presque inversement proportionnels à la grandeur de l'angle, par exemple :

	Renv.	Angle 50 gr.	Angle 100 gr.	Angle 150 gr.
Moy. G. (sec.)	1,00	0,72	0,41	0,34

Ces données sont des moyennes de nombreuses expériences avec un sujet pour des angles tournés dans n'importe quelle direction. Cette proportionnalité inverse est surtout remarquable dans les angles tournés horizontalement, car dans le sens vertical et la station debout, les arrêts subissent un écourtement en haut et un allongement en bas, se conformant aux conditions indiquées plus haut.

Les angles aigus (50 grades) nécessitent toujours un arrêt, les angles obtus (150 grades) sont souvent négligés par l'œil et les lignes qui les composent sont traitées comme des courbes, ce qui exalte encore davantage leurs valeurs énergétiques de moindre effort.

Les arrêts aux angles, dans les mêmes conditions et chez les mêmes sujets, et à des époques différentes, paraissent être des constantes avec des variations atteignant à peine 10 pour 100. Pour des angles tournés dans le sens horizontal, il y a des constantes pour différents sujets, les arrêts aux angles de 50 grades variant par exemple seulement de 0,62 à 0,72 seconde.

ZOOLOGIE. — *Les Cichlidés de Madagascar*. Note (¹) de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Contrairement à ce qui a lieu pour les Vertébrés terrestres qui sont représentés à Madagascar par tant de types remarquables, actuels ou subfossiles, les Poissons réellement dulcaquicoles de la grande île sont très peu nombreux. Ce que l'on rencontre surtout dans les lacs et rivières, ce sont des formes d'origine marine : Anguillidés, Mugilidés, Athérinidés, Gobiidés par exemple qui ont peu à peu envahi les eaux douces et s'y sont plus ou moins adaptées en prenant la place des premiers occupants.

---

(1) Séance du 18 mars 1929.

En dehors de quelques Siluridés et Cyprinodontidés, ainsi que l'a fait déjà remarquer Sauvage (1), les Cichlidés sont, pour ainsi dire, les seuls Poissons réellement d'eau douce de Madagascar; c'est, sans parler de leur valeur économique, ce qui en fait l'intérêt tout spécial.

On sait que les Cichlidés constituent une vaste famille de Poissons percoïdes, à pharyngiens inférieurs soudés, remarquables par leur dentition extrêmement variable et qui sont répandus dans toute l'Amérique tropicale, en Afrique, en Syrie et dans l'Inde. A Madagascar, comme je l'ai montré (2), on n'en a distingué jusqu'ici que cinq espèces, chiffre bien peu élevé si l'on songe qu'à l'heure actuelle, rien qu'en Afrique continentale, plus de 300 espèces ont été dénombrées.

Trois genres sont représentés à Madagascar : *Paratilapia* Bleeker; *Ptychochromis* Steindachner, *Paretroplus* Bleeker.

Le premier figure seulement avec une espèce, la Marakelle ou Perche malgache (*Paratilapia Polleni* Bleeker), le meilleur Poisson de l'île au point de vue alimentaire, assez répandu et sur la biologie duquel le Dr Jean Legendre a déjà insisté (3). C'est là une forme carnassière, à dentition conique, à affinités nettement africaines puisqu'une cinquantaine d'espèces du genre ont été décrites d'Afrique ou de Syrie.

Le genre *Ptychochromis* est spécial à Madagascar, mais si voisin des *Tilapia* africaines que Boulenger (4) ne l'a pas admis; cependant la présence d'une papille en haut du premier arc branchial, la longueur de la troisième épine anale permettent d'établir une distinction. Les *Ptychochromis* sont des Poissons plutôt herbivores, à dents bicuspides et dont la chair est moins estimée que celle de la Marakelle. On en connaît deux espèces le *Ptychochromis oligacanthus* Bleeker, très commun, et le *P. betsileanus* Boulenger, fort voisin, mais beaucoup plus rare et originaire du pays betsiléo.

Le genre *Paretroplus*, également particulier à Madagascar, est remarquable par ses dents en une seule rangée, les médianes plus ou moins comprimées, à couronne arrondie ou mousse, les latérales coniques, par ses épines fort nombreuses à la dorsale et à l'anale et reçues dans un fourreau écailleux. Jusqu'ici on ne connaissait que deux espèces assez peu souvent

---

(1) *Hist. phys. nat. pol. Madagascar : Poissons*, 16, 1891, p. 535.

(2) *Bull. Soc. Acclimatation*, 55, 1908, p. 48.

(3) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 208.

(4) *Cat. Freshw. Fishes Africa*, 3, 1915, p. 138.

rencontrées du plateau de l'Imerina et de la côte est, le *Paretroplus Dami* Bleeker et le *P. polyactis* Bleeker.

Or M. Georges Petit, de son voyage à Madagascar (1925-1927), a rapporté au Muséum de Paris, de la rivière Maintimaso, décharge du lac Konkony (sur la côte ouest), un Poisson que je considère comme le type d'une troisième espèce et que je me fais un plaisir de lui dédier.

Le *P. Petiti* nov. sp. peut être sommairement caractérisé par 17 épines et 17 rayons mous à la dorsale, 9 épines et 14 rayons mous à l'anale, 37 écailles en ligne longitudinale, $\frac{7}{16}$ en ligne transversale, 7 rangées d'écailles sur les joues, 8 branchiospines en bas du premier arc. En outre le corps est très élevé, ovalaire.

Il n'y aurait pas lieu d'insister sur la simple découverte d'une espèce nouvelle si la faune de Madagascar n'était pas si pauvre en types réellement dulcaquicoles et si, d'autre part, les *Paretroplus*, comme leur nom l'indique, n'offraient de grands rapports avec le seul genre asiatique de Cichlidés connu, *Etroplus* Bloch, à dents sur plusieurs rangées et le plus souvent bi ou tricuspides.

Jadis on a inexactement prétendu que les Poissons d'eau douce de Madagascar se rapprochaient de formes américaines. L'étude des Cichlidés, Poissons de réelle importance au point de vue de la distribution géographique, montre que sur 6 espèces spéciales à la grande île, 3 ont des caractères nettement africains, 3 autres ont des affinités surtout asiatiques, la dernière découverte, le *Paretroplus Petiti* établissant encore plus étroitement la liaison.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur la nature de la substance qui, dans la maladie de l'amertume des vins, produit le goût amer.* Note de M. E. **Voisenet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans de précédentes Communications [1], j'ai mis en évidence la formation d'*acroléine* dans la maladie de l'amertume des vins de Bourgogne, et j'ai montré que le ferment décrit par Pasteur, isolé à l'état pur, et cultivé en présence de la *glycérine*, donne naissance au produit de déshydratation de cette substance. Ultérieurement, la présence de l'*acroléine* a

[1] *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1614; 151, 1910, p. 518; 153, 1911, p. 363.

été également constatée par Laborde, à l'aide de mon réactif, *albumine-acide chlorhydrique nitreux*, dans des vins amers de la Dordogne et de la Gironde.

L'acroléine ainsi formée peut subir plus ou moins lentement, selon la composition chimique et biologique du vin, et les influences du milieu extérieur, nombre de métamorphoses : les unes, tenant à son caractère d'aldéhyde, telles que : hydrogénation, acidification et résinification par oxydation, polymérisation, acétalisation, union à la matière colorante; les autres, dues à son altérabilité en solution aqueuse, avec formation d'acides volatils. Parmi ces transformations, il en est présentant un intérêt particulier, en ce sens que leur évolution progressive doit contribuer à donner au vin la saveur spéciale amère, révélatrice de cette maladie.

Relativement à la nature de la substance amère et au mécanisme de sa production, diverses hypothèses ont été émises par différents savants, en particulier, Maumené, Trillat, Duclaux, Wortmann, et bien avant que je n'aie établi que la fermentation *acrylique* de la glycérine avec formation d'acroléine est au moins l'un des procès essentiels que subit le vin quand il tourne à l'amer. Ces hypothèses tendent à attribuer l'amertume à la présence d'oxydases sécrétées par des microorganismes divers, dont certaines auraient un caractère spécifique, *amerenoxydases*, et portant leur action sur l'aldéhyde acétique ou sur les matières tannoïdes, en donnant des substances résinoïdes à saveur amère.

Moi-même, après ma découverte de l'acroléine dans les vins où avaient proliféré les filaments de l'amer, et dans ces vins seulement, je me ralliai aussi à cette opinion, mais en considérant l'acroléine comme étant, sinon la seule matière première, au moins la principale, dont la résinification pouvait engendrer la saveur amère.

Mais, pour affirmer l'existence d'une résine aldéhydique, à origine d'acétaldéhyde ou d'acroléine, dans un vin amer, il faudrait pouvoir en isoler une quantité suffisante pour son identification : de plus, il resterait à savoir si cette résine est la seule substance productrice du goût amer.

Ayant pu me procurer un volume suffisant d'un même vin de Bourgogne, authentiquement malade de l'amertume, contenant encore au moment de son emploi $0^g,12$ d'acroléine par litre, et à saveur très amère, j'ai tenté l'extraction partielle de la substance amère, comme il suit :

Un volume de 40 litres de ce vin a été soumis, par fractionnements de 4 litres, à la distillation jusqu'à réduction au dixième. Chacun des distillats a été réduit par évaporation lente à un volume total de 1 litre; liquide jaunâtre qui, neutralisé par CO^3Ca,

épuisé par l'éther, séparation de l'éther par distillation, a laissé un faible résidu sirupeux, jaune orangé, amer.

Chacun des résidus de la distillation primitive, neutralisé par CO^3Ca, a été épuisé par l'éther : les liqueurs éthérées réunies ont abandonné, après récupération de l'éther, un résidu sirupeux, assez notable, relativement au précédent, jaune brunâtre, très amer.

L'ensemble des deux résidus a été soumis à la rectification. Au cours de cette opération, j'ai observé que le thermomètre, après s'être maintenu quelques instants vers 100°, température à laquelle passe un premier fractionnement aqueux, coloré en jaune, à saveur amère, montait ensuite assez rapidement jusqu'au voisinage de 200°, où il demeurait stationnaire; j'ai obtenu ainsi un second fractionnement entre les températures extrêmes 194°-200°, liquide légèrement sirupeux, jaunâtre, faiblement acide, et à saveur très amère. Au delà de 200°, le thermomètre s'élève graduellement, se fixe quelques instants vers 215°, température à laquelle passe un troisième fractionnement, à saveur chaude, faiblement amère. Au delà de 215°, la distillation languit, et le résidu visqueux noircit.

Le *second fractionnement*, trituré avec un peu de CO^3Ca, a été repris par l'éther absolu, dont l'évaporation a laissé un résidu qui, soumis à une deuxième rectification, m'a donné un *fractionnement principal*, recueilli à la température de 198°, d'un volume de 3^{cm^3} environ : liquide faiblement sirupeux, incolore ou à peine jaunâtre, neutre, à odeur d'abord douce, un peu empyreumatique, puis devenant légèrement piquante en rappelant celle de l'acroléine, mais très atténuée, et à *saveur très amère*.

Ce liquide est constitué par un composé ternaire, dérivé de l'*acroléine*, qu'il fournit abondamment par oxydation ménagée, notamment sous l'action de l'acide permanganique. J'ai déterminé sa composition centésimale et j'en poursuis l'étude en vue de son identification.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la fermentation visqueuse de la betterave gelée.* Note (1) de MM. H. Colin et Marc Simonet, présentée par M. H. Vincent.

C'est un fait bien connu des techniciens de sucrerie que les betteraves gelées deviennent rapidement gluantes au toucher, dès qu'elles sont exposées à une douce température. La viscosité n'est pas localisée à la surface seulement des racines; sur une coupe fraîche, on voit sourdre de la pulpe un suc épais, en gouttelettes hyalines, principalement au niveau des méats qui résultent du déchirement des tissus sous l'action du froid. Les betteraves ainsi altérées ne tardent pas à exhaler une odeur d'alcool et de vinaigre; souvent aussi elles sont envahies par des bacilles lactiques et butyriques.

Les ferments alcooliques, lactiques, acétiques ne sont pour rien dans la

(1) Séance du 18 mars 1929.

genèse de la matière gluante; encore moins doit-on invoquer une transformation purement chimique du sucre provoquée par le gel des tissus; l'agent responsable est un microcoque qui mérite, comme d'autres de ses pareils, le qualificatif de *viscosus*.

Nous l'avons isolé à partir d'une goutte du suc filant prélevé à l'intérieur des racines. C'est un *Coccus* de forme arrondie ou légèrement ovale qui se présente soit isolé, soit en courtes chaînettes de 6 à 10 éléments; il n'est pas capsulé et ne liquéfie pas la gélatine; il se décolore par la méthode de Gram.

Nul doute que la substance gluante ne soit engendrée par cet organisme. Cultivé sur gélose-betterave neutralisée il donne un abondant exsudat visqueux; il végète bien dans le bouillon de betterave et le rend bientôt filant. Les milieux de culture restent parfaitement homogènes, il ne s'y forme pas de zooglées. Ils s'acidifient nettement; le saccharose qu'ils renferment est interverti peu à peu; il en restait toujours dans les cultures, en même temps que du sucre réducteur, au moment où nous y avons recherché le produit visqueux.

Il est facile de contaminer artificiellement des tranches de betteraves au moyen d'une goutte de liquide prélevée dans une culture pure; les racines intactes résistent beaucoup mieux à l'infection que la pulpe gelée.

La matière visqueuse élaborée par ce microcoque aux dépens du sucre est analogue, sinon identique, au produit décrit par les anciens auteurs, en particulier par Kramer, Béchamp, Scheibler, sous les noms de gomme de fermentation, de viscose ou de dextrane.

Nous l'avons retirée soit du suc de la betterave gelée, soit des cultures faites par l'un de nous aux laboratoires de Vilmorin. L'alcool la précipite sous forme d'une masse glaireuse qui se laisse facilement dessécher et pulvériser; on la purifie en la remettant en solution et la précipitant de nouveau après centrifugations et filtrations répétées; la dialyse fait le reste.

On obtient ainsi une poudre blanche, amorphe, insipide, peu hygroscopique, non dialysable, non colorable par l'iode, brunissant au-dessus de 200°, se ramollissant vers 250°, soluble dans l'eau chaude en donnant des liqueurs opalescentes et visqueuses, précipitée de ses solutions par les sels des métaux lourds en liqueur alcaline, notamment par SO^4Cu en milieu tartro-sodique; ce dernier caractère est un de ceux que les anciens auteurs attribuent à ce qu'ils appellent la gomme de levure. Le complexe calcique, soluble dans l'eau, est précipité par affusion d'alcool; un excès d'ions SO^4 est nécessaire pour en éliminer les dernières traces de baryum:

Les liqueurs ne sont pas réductrices mais le deviennent fortement après action des acides à chaud. L'hydrolyse, très pénible, n'est complète qu'après un traitement de 4 heures au bain-marie à 100° en présence de 3 pour 100 de HCl pur. Le pouvoir rotatoire, qui, primitivement, était voisin de 200, tombe alors à 50-52. Le sucre formé est du glucose exclusivement. Ni l'extrait de levure, ni la diastase, ni les poudres fermentaires des Mucédinées banales ne provoquent la moindre hydrolyse.

La matière visqueuse de la betterave gelée paraît n'être autre chose que la dextrane décrite par les auteurs et retirée des jus de sucrerie contaminés par le *Leuconostoc mésenteroïdes*. Il est vraisemblable que beaucoup d'autres microorganismes facteurs de viscosité élaborent cette même substance aux dépens des sucres.

Au stade précoce de putréfaction où nous avons examiné les racines de betteraves, nous n'y avons rencontré ni l'acide parapectique de Weisberg [1], ni la gluco-lévulosane de Votocek [2], ni les glucides facilement hydrolysables soupçonnés par Saillard [3]; ces divers produits résultent sans doute d'une altération plus profonde de la pulpe sous l'action d'autres espèces microbiennes.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Symbiose* in vivo *du virus claveleux et du virus aphteux*. Note de MM. Ducloux, Rinjard et Mlle Cordier, présentée par M. E. Leclainche.

Les possibilités qu'apporterait l'obtention d'une grande quantité de matériel virulent pour la préparation de vaccin à base de virus aphteux tués par le formol [4] ont incité, devant l'échec de tous les essais de culture, à rechercher, chez un animal sensible, une source abondante de ce virus.

Déjà, il serait possible d'obtenir des liquides virulents en assez grande quantité soit en divisant à l'extrême des lambeaux d'aphtes recueillis chez des bovidés, soit en utilisant le sang et tous les viscères finement broyés d'un cobaye aphteux au stade septicémique [5].

(1) Weisberg, *Bull. Soc. chim.*, 3, 1908, p. 601.

(2) Votocek, *Bull. Soc. chim.*, 29, 1921, p. 408.

(3) Saillard, *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 361.

(4) Vallée, Carré et Rinjard, *Sur l'immunisation antiaphteuse* (*Bulletin de la Société centrale de Médecine vétérinaire*, 101, 1925, p. 297).

(5) Vallée, Carré et Rinjard, *Revue générale de Médecine vétérinaire*, 35, 1926, p. 129; *C. R. de la Société de Biologie*, 98, 1928, p. 1187.

Mais la masse d'antigène dont on peut disposer restant encore limitée, nous avons recherché si nous pourrions obtenir le développement du virus aphteux dans l'énorme nappe œdémateuse que constitue, chez le mouton, la pustule claveleuse sous-cutanée (Pustule de Borrel).

Avant nous, Belin [1] a fait une tentative pour obtenir la culture du virus aphteux dans une lésion produite sur l'animal vivant par un autre virus; mais il essaie de la réaliser dans la pustule du *virus vaccinal*, ce qui nous a semblé très délicat à cause de la durée différente de l'incubation correspondant aux deux maladies superposées.

Dans les essais que nous avons poursuivis, nous avons inoculé, en suivant la technique classique, du virus claveleux dans le tissu conjonctif sous-cutané des deux faces latérales du thorax d'une série de cinq moutons dont, normalement, le sacrifice devait avoir lieu quatre jours plus tard.

Quarante-huit heures après l'infection claveleuse, nous injections aseptiquement 3 à 5^{cm^3} de sérum aphteux dans la pustule en voie d'évolution *d'un seul côté :* le sérum était réparti à la dose de $0^{cm^3},5$ environ en plusieurs points voisins du bord postérieur de la nappe œdémateuse. Le sang ayant fourni ce sérum était obtenu chez des cobayes aphteux, au stade septicémique, par ponction cardiaque, 24 à 30 heures après l'insertion virulente dans le coussinet plantaire.

Aucune influence notable révélant l'évolution de la fièvre aphteuse n'a été observée sur la courbe thermique habituellement obtenue avec la clavelée, et celle-ci a suivi une marche régulière. Comme en témoigne le volume de la « pustule », nos ovins étaient extrêmement sensibles à la clavelée.

Des prélèvements de lymphe dans les deux nappes claveleuses (du *côté opposé* aux inoculations de sérum virulent pour celle infectée) étaient effectués à des temps variables depuis la 24ᵉ heure après l'infection de l'une d'elles par le virus aphteux jusqu'à la 48ᵉ ou 50ᵉ heure qui correspondait à celle du sacrifice nécessaire de chaque animal en expérience.

Le produit de ponction, comparativement avec du sang recueilli à la même heure dans la veine jugulaire, était inoculé dans le coussinet plantaire d'une série de cobayes.

Les constatations que nous avons faites peuvent être résumées ainsi :

1° La présence du virus aphteux dans la pustule claveleuse ne trouble en rien son évolution. Celle-ci s'est poursuivie normalement, permettant des récoltes de 800 à 1200^g de pulpe virulente au moyen du sacrifice de l'animal en expérience.

---

(1) Belin, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 93, 1925, p. 1488.

2° Le virus aphteux se développe dans la pustule claveleuse, aussi bien dans celle ensemencée directement avec du sérum virulent que dans celle du côté opposé dans laquelle le virus aphteux a été apporté par la voie sanguine.

3° La virulence de la lymphe récoltée est encore décelable par inoculation au cobaye après dilution au $\frac{1}{100}$; une seule fois seulement un cobaye a pu être infecté avec une dilution à $\frac{1}{500}$.

4° La virulence aphteuse du sang de mouton, décelable par inoculation au cobaye, apparaît dès la 24e heure qui suit l'injection de sérum virulent dans une pustule. Elle persiste parfois jusqu'à la 50e heure, moment du sacrifice du sujet.

5° Cette virulence aphteuse du sang n'est pas du tout parallèle à celle de même nature de la lymphe des pustules claveleuses, ce qui tend à prouver que le pouvoir infectant de ces lymphes n'est pas le fait de la présence du sang qu'elles peuvent contenir.

Avant de nous arrêter au protocole précédemment exposé, nous avions essayé de produire l'infection des pustules claveleuses avec un filtrat obtenu en partant d'un broyage d'aphtes, sans aboutir à un résultat favorable.

Dans un autre ordre d'idées, nous avions voulu réaliser, tout d'abord, l'infection générale du mouton atteint de clavelée, en procédant à l'aphtisation avec du sérum virulent, soit par inoculation dans les couches profondes de la muqueuse buccale, soit par insertion dans l'épaisseur du derme des plis sous-caudaux; les constatations que nous avons pu faire ne nous ont pas encouragés à persévérer.

Au contraire, les essais poursuivis en suivant la technique que nous venons d'exposer plus haut montrent que le virus aphteux et le virus claveleux peuvent se développer simultanément chez le même animal, l'œdème claveleux se révélant comme un milieu favorable à la multiplication du virus aphteux.

Le contrôle que nous avons pu faire de sa richesse virulente au cours de ces premières tentatives sont d'un grand intérêt, car, peut-être, aurons-nous là une source abondante d'un antigène aphteux pur extrêmement actif.

La séance est levée à 15^{h}20^{m}.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1929.

Proceedings of the International Mathematical Congress held in Toronto, August 11-16, 1924, edited by J. C. Fields with the collaboration of an editorial Committee. Vol. I : *Report of the Congress. Lectures. Communications to Sections I and II* et Vol. II : *Communications to Sections III, IV, V and VI*. Toronto, the University of Toronto press, 1928; 2 vol. 30cm.

Fauna Iberica. Peces, par Luis Lozano Rey, tome Ier. Madrid, Museo nacional de ciencias naturales, 1928; 1 vol. 25cm.

Publication de l'Institut fédéral de Météorologie et de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux. Fascicule 16. *Précipitations atmosphériques. Écoulement et hydroélectricité*. 1. *Études d'hydrologie dans la région des Alpes*. 2. *Essai d'une formule donnant l'écoulement en fonction des précipitations*, par Jean Lugeon. Paris, Dunod, 1928; 1 vol. 25cm,5.

Mémoires pour servir à l'histoire des insectes, par M. de Réaumur. Tome septième. *Histoire des fourmis*. Introduction de E.-L. Bouvier et notes de Charles Pérez. Paris, Paul Lechevalier, 1929; 1 vol. 28cm,5.

Traité pratique de Nomographie, par T. Tanimura. Tokyo, Maruzen et Cie, s. d.; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Atlas colonial français, colonies, protectorats et pays sous mandat, cartes et texte, par P. Pollacchi. Paris, L'Illustration, 1929; 1 vol. 40cm,5. (Présenté par M. Perrier.)

L'Atmosphère, source gratuite d'énergie inépuisable dans les régions chaudes et tempérées au Sahara et pour le Transsaharien, par J. Dubos. Angoulême, imprimerie Coquemard, 1928; 1 fasc. 24cm,5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de séismologie. *Comptes rendus des séances de la troisième Conférence, réunie à Prague du 3 au 10 septembre* 1927, par E. Rothé. Toulouse, Édouard Privat, 1928; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Applications de la mesure des tensions superficielles à l'analyse chimique, par René Dubrisay. Préface de M. H. Le Chatelier in *Mémorial des sciences physiques*, fasc. VIII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1929; 1 fasc. 25cm,5.

Pauvre et aventureuse bourgeoisie. Roulin et ses amis (1796-1874), par Marguerite Combes. Paris, J. Peyronnet et Cie, 1929; 1 vol. 25cm.